



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Mantenimiento basado en confiabilidad para mejorar el
mantenimiento preventivo del tractor agrícola del sector
azucarero”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Gallo Díaz, Jesús Alberto (ORCID: 0000-0002-0907-2129)

ASESOR:

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0003-1389-4093)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mis padres, Miguel Gallo Jaén a ya en el cielo, Leonor Díaz Regalado siempre conmigo y a toda mi familia, por su permanente apoyo incondicional en cada paso dado.

A los ingenieros, por brindarnos el conocimiento y experiencia en la formación profesional.

A mis amigos, por compartir la carga en este esfuerzo común y recíproco.

Jesús Alberto Gallo Díaz

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitir terminar esta meta trazada, por la salud y fortaleza en los días difíciles de nuestra carrera en una de las metas a cumplir.

De la misma forma agradezco a todos mis asesores, por el apoyo incondicional en nuestro desarrollo del proyecto, por las enseñanzas no habría sido posible concluir mi carrera profesional

A la empresa AGRO PUCALA SAA quienes me brindaron todo el apoyo para hacer posible la realización de este trabajo.

Jesús Alberto Gallo Díaz

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice.....	iv
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. Introducción	1
II. Métodos	23
2.1. Diseño de investigación.....	23
2.2. Variables, operacionalización.....	23
2.3. Población y muestra	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5. Métodos de análisis de datos	28
2.6. Aspectos éticos	28
III. Resultados.....	29
3.1. Diagnosticar la situación actual en la práctica del mantenimiento preventivo del tractor agrícola de la empresa	29
3.2. Identificar e implementar técnicas de análisis de fallas potenciales de la maquinaria.....	32
3.3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicando las técnicas del RCM.....	51
3.4. Determinar el efecto de las técnicas aplicadas en el desempeño del mantenimiento preventivo aplicando RCM para la maquinaria	54
3.5. Realizar un análisis económico, utilizando indicadores tales como el valor actual neto, la tasa interna de retorno, la relación	

beneficio costo	73
IV. Discusión.....	78
V. Conclusiones	79
VI. Recomendaciones	80
Referencias	81
Anexos	83

Índice de Tablas

Tabla 1: Evaluación del grado de acritud	15
Tabla 2: Escala para evaluar la ocurrencia del AMEF	17
Tabla 3: Operacionalización.....	24
Tabla 4: Maquinaria agrícola de la empresa AGRO PUCALÁ	32
Tabla 5: Cantidad de fallas por maquinaria	33
Tabla 6: Costo de reparación por máquina	33
Tabla 7: Tiempo de parada de las maquinarias 2018-2019 noviembre hasta abril	36
Tabla 8: Tiempo de parada de la maquinaria MAYO hasta OCTUBRE del 2019 implementando mantenimiento preventivo basado en RCM	36
Tabla 9: Tiempo medio para restaurar (MTTR) periodo noviembre 2018 a abril 2019.....	37
Tabla 10: Tiempo medio para restaurar (MTTR) periodo Mayo a Octubre del 2019	38
Tabla 11:Tiempo medio entre falla (MTBF) periodo noviembre 2018 a Abril 2019	39
Tabla 12: Confiabilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019	40
Tabla 13: Mantenibilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019	41
Tabla 14: Disponibilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a octubre 2019.....	42
Tabla 15: Cuadro de toma de decisión del sistema eléctrico	44
Tabla 16: Información del sistema de lubricación	45
Tabla 17: Decisión del sistema de lubricación.....	46
Tabla 18: Información del sistema de enfriamiento	47
Tabla 19: Decisión del sistema de enfriamiento	48
Tabla 20: Información del sistema de inyección de combustible	49
Tabla 21: Decisión del sistema de inyección de combustible	50
Tabla 22: Tiempo en Horas de funcionamiento de maquinaria agrícola en cada mes, periodo Nov 2018 – Oct - 2019.....	55

Tabla 23: Datos para la determinación de confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19019.....	56
Tabla 24: Factor de forma	58
Tabla 25: Tiempo	59
Tabla 26: Mediana	60
Tabla 27: Confiabilidad	61
Tabla 28: Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19021	62
Tabla 29: En horas.....	63
Tabla 30: Funcionamiento en suma	64
Tabla 31: Porcentaje del tracto	65
Tabla 32: Confiabilidad de Tractor MASSEY FERGUSON 19023.....	66
Tabla 33: Tractor en horas	67
Tabla 34: Confiabilidad de Tractor VOLVO L120F	68
Tabla 35: En Volvo.....	69
Tabla 36: Confiabilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019 John Deere 7830 - 19019	71
Tabla 37: Confiabilidad de la maquinaria periodo mayo a octubre 2019 John Deere 7830 - 19019	72
Tabla 38: Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo	73
Tabla 39: Flujo de caja de proyecto	75
Tabla 40: Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero	76
Tabla 41: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno	77

Índice de Figuras

Figura 1: Faces de la confiabilidad estratégica.....	8
Figura 2: criterio de evaluación para procesos RCM	10
Figura 3: Flujograma de implementación RCM	11
Figura 4: Matriz de criticidad	15
Figura 5: elaboración Tasilla	30
Figura 6: Empresa parte maquinaria	30
Figura 7: Maquinaria para la cosecha	31
Figura 8: Número de fallas de maquina John Deere 19019	34
Figura 9: Costos de repuestos y mano de obra del tractor JHON DEERE 19019	35
Figura 10: Información del sistema eléctrico	43
Figura 11: Plan de mantenimiento para el tractor JOHN DEERE 7830-190	52
Figura 12: Registro de inspección diaria operador/mecánico	53
Figura 13: Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19020.....	59
Figura 14: Líneas de tiempo.....	61
Figura 15: Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19022.....	63
Figura 16: Tiempo de funcionamiento	65
Figura 17: Funcionamiento del tractor	67
Figura 18: Funcionamiento del volvo.....	70
Figura 19: Confiabilidad del RCM.....	72

Resumen

El proyecto desarrollado comprende la evaluación de mantenimiento actual de la Empresa AGRO E INDUSTRIAL PUCALÁ SAC, donde podemos desarrollar los componentes críticos, implementando un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, de modo que obtendremos una disponibilidad mayor según la evaluación inicial y la reducción de costos en los mantenimientos correctivos. Esta investigación se ha enfocado en una estadística descriptiva, que nos permite trabajar con distribución de frecuencias, tendencias, y análisis de las fallas, como método matemático permite analizar la concepción de las variables. Además, procedimientos, formatos de control de los equipos, se tendrá una muestra de los equipos más críticos como tractores. En nuestros resultados encontramos un 80% de disponibilidad inicial mediante la implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad aumentará un 95 %, además identificamos el motor y bomba hidráulica como los componentes más críticos analizando los modos de falla y su control de cada uno, se dispondrá de un plan de mantenimiento donde podemos describir las frecuencias, repuestos y control de fallas, procedimientos de mantenimiento según propuesta establecida. Al implantar esta metodología será reflejado en el ahorro económico de los mantenimientos, mayor disponibilidad, aumentar la vida útil de cada equipo y componente, de esta forma se plantea y se recomienda cumplir con las auditorías, evaluación de fallas críticas. Para lo que fue planteado nuestro proyecto.

Palabras clave: Plan de Mantenimiento, confiabilidad, disponibilidad, maquinaria pesada.

Abstract

The project developed I understand the current maintenance assessment of the INDUSTRIAL PUCALA SAC Company, where we can develop the critical components, implementing a maintenance plan focused on reliability, so that we will obtain a greater availability according to the initial evaluation and the reduction of costs in corrective maintenance. Our research has focused on a descriptive statistic, which allows us to work with frequency distribution, trends, and analysis of faults, as a mathematical method allows analyzing the conception of variables. In addition, we will use maintenance audits, procedures, equipment control formats, a sample of the most critical equipment such as tractors and excavators. In our results, we found a 80% initial availability through the implementation of maintenance focused on reliability will increase by 95 %, we also identified the engine and hydraulic pump as the most critical components analyzing the failure modes and their control of each, will be available A maintenance bread where we can describe the frequencies, spare parts and control of failures, maintenance procedures according to established proposal. When implementing this methodology will be reflected in the economic savings of the maintenance, greater availability, increase the useful life of each equipment and component, this way it is proposed and recommended to comply with the audits, evaluation of critical faults, oil analysis where we can Identify an early failure. For what was proposed our project.

Keywords: Maintenance plan, reliability, availability, heavy machinery.

I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad se basa en el trabajo óptimo de cada unidad determinando el efecto que produce cada desperfecto, podemos formular que la vacación se logra instituir en un importe elevado o de menor cantidad de acuerdo al propósito señalado para cada dispositivo o maquinaria centralmente de la compañía. Llamaremos disponibilidad de los mecanismos a la cantidad de tiempos hábiles en una concluyente diligencia a desenvolver para la cual estuvo escogida, se corresponderá evaluar las horas de trabajo para realizar un buen arreglo con anticipación, preventivo, predictivo, antes de un correctivo. (Benítez, 2014)

Uno de los problemas fundamentales a nivel global que enfrentan las industrias es que muchas empresas no cuentan con una eficiencia en la disponibilidad de su maquinaria y equipos, muchas aún siguen con la mentalidad que la solución de sus fallas es primordialmente la aplicación de un mantenimiento correctivo, por lo que la generalidad de sociedades diligentes a la agricultura en Colombia después de varias propuestas se logró implementar una gestión de sostenimiento centrado en confiabilidad, como en la empresa Agro Ángel se logró que se realicen análisis de aceites en un tiempo determinado de operación de sus máquinas, de acuerdo a su tiempo de utilización, algunas máquinas que tenían mayor antigüedad no se logró incrementar al máximo su disponibilidad pero si se pudo mantener y prolongar su vida útil, gracias a esto se realizó un programa de mantenimiento adecuado no para conocer cuándo y cómo se producirá una deficiencia sino para minorar la posibilidad que fallen y aumentar el plazo de intervalo entre una deficiencia y otra, mejorando así su disponibilidad en horas de operación. (Gasca, Vargas, 2014)

La mecanización en el Perú se ha visto muy favorable, ya que actualmente se ha incrementado gracias a las inversiones privadas y a la creación de grandes proyectos, para mejorar el uso óptimo de los terrenos y los niveles de productividad existen diversos productores peruanos los cuales utilizan maquinaria agrícola tales como: los productores agropecuarios con tierra el 23% utiliza tractor, en la costa el 52%, en la sierra el 22% y en la selva

el 4 % utilizan tractores agrícolas. Es sustancial señalar que la industrialización no es la que ocasiona huellas en el medio ambiente, si no se debe al manejo deficiente de los equipos en los sistemas productivos, debido a eso nos vemos obligados a gestionar mantenimiento centrado en confiabilidad e implementarlas para cuidar al medio ambiente de las emisiones toxicas de las máquinas y de igual manera aportar al alargamiento de la vida útil de la máquina agrícola así aportar a las empresas y aportar al cuidado del medio ambiente. (Santiago, 2013)

La empresa Industrial Pucalá S.A.C dedicada al rubro de elaboración de azúcar rubia, posee equipos y herramientas para la conservación de planta como también posee una línea de maquinaria agrícola/pesada constituida por: 8 tractores, 5 cargadores con garras, 4 montacargas, 5 camiones, 1 volquete, 1 grúa, entre otras máquinas, muchas de ellas se hallan desarmadas, otras por reparación. Estos no cuentan con una óptima disponibilidad, algunas de estas máquinas se encuentran en parada por reparación de motores, por intercambiador, otras inoperativas por algunas piezas incompletas debido a préstamo a otra maquinaria, perjudicando así las actividades productivas, por lo que se evidencia que este déficit en la disponibilidad de sus máquinas puede generar atraso de horas e incluso algunos días en cuanto al trabajo a realizar de las mismas, no se cuenta con un buen stock de repuestos, lo que ocasiona que la empresa genere otros gastos como contratación de maquinaria particular y por consiguiente se deja un poco de lado las reparaciones.

Existen múltiples indagaciones vinculadas con el sostenimiento, los cuales se citan a continuación:

- Juan Montes (2013), en su teoría indica que, su trabajo consistió en realizar un AMFE a todas las máquinas, se objetó por cada equipo diversas interrogantes dando como efecto una lista de condiciones y requerimientos de actividades de mantenimiento, llegando a la terminación que el sostenimiento fijado en la seguridad es un instrumento vital para precisar estrategias eficaces de arreglo y así lograr llegar identificar lo esperado en este caso la maquinaria en

perfecto estado para su uso, reduciendo la probabilidad de falla en la operación garantizando las tareas de mantenimiento mejorando la disponibilidad de sus máquinas.

- Hernández (2010) indica que, realizar el examen que consienta establecer un programa de manutención preparatorio manteniendo la seguridad en cada nivel elevado. Se dedujo que aquella forma de probat que una herramienta, máquina o en su defecto instrumento mantenga sus características dejando satisfecho al acreedor de ello por un determinado tiempo, así se puede aumentar la disponibilidad de flota A320 de la Aviación Mexicana.
- Cárdenas (2011) comenta que, tuvo como objetivo principal obtener la mayor disponibilidad de sus máquinas, para esto tuvo como prioridad implementar una técnica de arreglo previniendo cualquier falla en la maquinaria y aparatos fallen y estos eviten quebrantos económicas, se planteó que el diseño de un plan de mantenimiento basado en el RCM, para los equipos y vehículos DINACOL S.A tenía como fin optimizar la confiabilidad operacional de sus sistemas, indicando y priorizando los trabajos con mayor eficacia para sus arreglos de forma que su criticidad se vea en función, para evitar gastos innecesarios por reparación.
- Tasilla (2016) en su tesis deja en claro que el principal objetivo será obtener dicho medio por el cual se evaluó de forma iniciativa el poder disminuir los gastos que se hacen usualmente por cada mantenimiento, donde se verifican las fallas y se mantiene dicho control, optando para mantener las máquinas en funciones optimas, contándose con un plan de contingencia, recalcando las frecuencias y el conteo de cualquier falla. Haciendo uso de lo mencionado, se empezarán obtener los mejores resultados y sobre todo en la parte económica se mantendrá estable, alargando todo lo más posible el funcionamiento de cada máquina y/o equipo.
- Mejía (2017) manifiesta que tuvo como objetivo primordial proponer un procedimiento de manutención central en la seguridad, esto permitió resaltar la parte real de la forma activa, permitiendo que el diligente material esté disponible para que realice su trabajo para el

cual fue diseñado. Con la finalidad que la empresa deje de aplicar un mantenimiento correctivo y así evitar esperar a producirse la falla para recién tomar medidas correctivas por lo mismo evitar las diversas paradas imprevistas de producción por muchas horas generando grandes pérdidas económicas.

- Casa (2017) alega que, se planteó la diligencia para el sostenimiento identificado en confianza de la forma de actuar de aquellas formas en como se llegó a los reportes. Donde se verifica las parte e índices de mantenimiento de forma confiable, poniendo las prácticas, de forma funcional, donde su estudio es una forma de agregar sobre la indagación. Con el fin de mejorar la disponibilidad de su maquinaria logrando así implementar las diversas técnicas de mantenimiento para evitar que su maquinaria se encuentre en parada por reparación.

1.1. Teorías relacionadas al tema

1.1.1. Evolución en el mundo del mantenimiento

El mantenimiento permuto, en mayor magnitud que la de cualquier otra ciencia de gestión. Esta evolución se dio debido a un desmedido desarrollo en la cantidad y diversidad de maquinaria (máquinas, equipos, construcciones) que tendrían que ser conservados alrededor del mundo, existen planteamientos con mayor complejidad, técnicas renovadas de conservación, y moderna doctrina con respecto a la estructura y responsabilidades del sostenimiento. (Mourbray, 2004)

De igual manera el mantenimiento réplica a posibles variables. Estas engloban el modo de prevenir con mayor frecuencia el elevado índice en el que los defectos en equipos perjudican la protección o seguridad y el ambiente en cual vivimos, Si se emplea a cabalidad, el RCM reforma el vínculo con la sociedad para su aplicación, sus componentes positivos y los administrativos que maniobran y, brinda mantenimiento a los activos. Así mismo, faculta que modernos diligentes existan lugares eficazmente en operación, de mayor ligereza, seguridad y exactitud. (Mourbray, 2004)

- **Primer período:**

Alcanzó a la segunda guerra mundial, debido a que las fábricas en aquellos años, carecía de automatización, se le brindaba poca importancia necesaria al tiempo de estancamiento de las máquinas. La previsión de desperfectos en los equipos no era una primacía para los gerentes encargados, de igual manera, la mayoría de los componentes eran sencillos y sobredimensionadas generando la concepción de la reparación como medida primordial (mantenimiento correctivo o reactivo). (Mourbray, 2004)

- **Segundo período:**

En estos años durante la segunda guerra mundial, incrementó el requerimiento de todo tipo de activos, del mismo modo se atenuaba la cantidad de proletarios industriales, obteniendo como efecto, el incremento de la industrialización. En el período de los 50' aumentó la proporción de dificultad de toda la maquinaria, y las fábricas iniciaban a servirse de sí mismas. Previamente se concentró la observación en el espacio de estancamiento de la maquinaria, esto conllevó a la percepción de que las deficiencias de los equipos debieran ser prevenidas optando por la noción del arreglo para prevenir. (Mourbray, 2004)

- **Tercer período:**

A mediados del período de los 70', el desarrollo del cambio de la empresa ha ido evolucionando. Las transformaciones han sido catalogadas en actuales perspectivas, investigaciones actuales y modernas metodologías. Actualmente se han fomentado nuevos criterios y metodologías y formas que se han utilizado y aplicadas los últimos 15 años, y surgen cada vez mejores metodologías.

Uno de los principales retos de los colaboradores técnicos, es conocer estos métodos, seleccionar cuales son las mejores y cuáles no, para sus propias empresas. (Mourbray, 2004)

1.1.2. Mantenimiento

Se puede conceptualizar como una actividad determinada con el propósito de mantener un activo o restaurarlo a un cambio requerido para que pueda realizar las ocupaciones respectivas,

estas deben incluir una serie de fases ya sea de una parte administrativa y la otra complementarla con la parte técnica y así sucesivamente. Así minimizar toda aquella falla que sea significativa ya que la disminución del costo sea pensando y manteniendo una base de mínimos fallos. (Pérez, 2010)

a) Mantenimiento preventivo

Abarca generalmente un mantenimiento planificado que se cumple de tal forma que: Precaver la ingeniosidad de dichas falencias. Se comprende que la parte del mantenimiento debe ser de una forma eficaz y la maquinaria debe contener cierta característica para poder ser efectivo. Por ejemplo: pulcritud, aceitado, suplementos planificados. (Prando, 1996)

b) Mantenimiento predictivo

Aquí se debe verificar la parte instrumental que es está dada por la confianza de este tipo de mantenimiento, se va a dar por una lista y procesos ya antes planificados, resaltando que estos consisten en el estudio experto, la indagación y el seguimiento de equipos. Por lo que se logra detectar fallas latentes de un elemento en actividad dando paso a las respuestas de la evaluación así lo requieren. (Bravo, 2005)

c) Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento tiene como finalidad el arreglar (remediar) toda la parte mala de un instrumento o máquinas. Se puede clasificar en:

- No planificado: se da el mantenimiento por restauración de roturas, este debe realizarse de manera rápida ya sea por un desperfecto carente o por una falla obligatoria que se tendría que resolver (problemas de protección, por contaminantes, por aplicación de reglamento, entre otros.).
- Planificado: se conoce con anticipación que se debe hacer, por ende, cuando se detenga el elemento para realizar la restauración se debe disponer de colaboradores, stock de repuestos e información técnica indispensable para realizar un mantenimiento correcto y confiable. (Prando, 1996)

d) Mantenimiento Overhaul

Conocido como el mantenimiento hora cero, se agrupan diversas técnicas de mantenimiento con el fin de realizar las inspecciones técnicas de los equipos antes que se éste lo requiera, así podrá estar en óptimas condiciones cada vez que sea necesario su uso. En conclusión, se desea llegar al aplicar este método mantener en utilidad el equipo por más tiempo del previsto y siempre en óptimas condiciones, puesto que si es necesario todos los días estará activo. (Calderón, 2014)

1.1.3. Gestión de mantenimiento

Se realiza un mantenimiento con la perspectiva actual, esto no conlleva reparar un elemento pronto como sea posible, de lo contrario debe mantenerse un equipo en óptimas condiciones y de operación a los estándares determinados. Un excelente mantenimiento no consiste en realizar la labor equivocada de la manera más rápida, la mayor preferencia de la gestión de mantenimiento es prevenir fallas y de tal manera prevenir el riesgo de paradas imprevistas.

El principal objetivo de la gestión de mantenimiento es consolidar la vacación proyectada al mínimo precio incluido en las especificaciones de fábrica y rutina de los creadores de toda maquinaria, así como dichas normativas que todos ellos deben contener.

La cantidad del mantenimiento está vinculado con el uso continuo de los equipos, la carga y la operación de las máquinas. El dominio de mantenimiento se refiere al control de estado de las máquinas que se efectúa a través de la utilización de los sentidos complementado con recursos técnicos. (Prando, 1996)

- **¿Para qué realizar gestión de mantenimiento?**

El mantenimiento establece un procedimiento dentro de todo organismo empresarial cuya competencia consta en acoplar, restaurar, suplir o alterar los elementos de una máquina o equipo para ser manipulada convenientemente en cantidad y calidad en un tiempo determinado.

Por su incurrencia valiosa de producción y productividad de las compañías, establece una de las formas apropiadas para alcanzar y preservar el avance en eficacia, calidad, disminución de precios y de quebrantos, mejorando asimismo la competencia de las compañías. (Prando, 1996)

- **Gestión de evaluación organizativa del mantenimiento**

Mediante una evaluación de los equipos en planta se puede llegar a dar con la metodología de su mantenimiento, pudiendo verificar todo aquel parámetro, posteriormente se podrá llegar a controlar y ejecutar todo lo concerniente con el organigrama y la forma de actuar de la compañía. (Pico, 2011)

- **Confiabilidad operacional**

Conceptualizado tal así es vista como una parte de las técnicas de progreso incesante, que unen de manera consecuente, avanzados instrumentos de análisis, habilidades renovadas y sistemáticas de observación, donde se mejorará dicha misión, la planificación, realización y la intervención de la productividad mecánica. Conjuntamente, se alude que, para poder optimizar la seguridad estratégica se incluye realizar estrategias de renovación en las sociedades, brindando una estructura inigualable para poder llegar a una buena producción manteniendo la visión y misión de la sociedad. (García Palecia 2013).

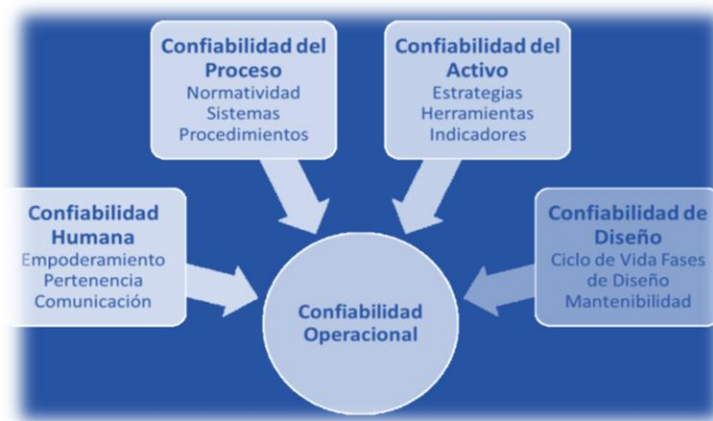


Figura 1. Facetas de la confiabilidad estratégica.

Fuente: García Palencia (2013).

1.1.4. Mantenimiento basado en confiabilidad

“El RCM es una metodología de observación consecuente, imparcial y acreditado, que se utiliza para diagnosticar las exigencias de soporte físico de cualquier máquina en su definición operacional, respaldando la ejecución de los modelos requeridos por los procesos de rendimiento. (Duran, 1998)

RCM, tiene por finalidad contribuir con las mejoras y así mismo prevenir si hubiera alguna falla por parte de la maquinaria, manteniéndose como una herramienta elevada, puesto que erradica desde el principio las fallas que puedan venir y las que ya pudiera tener.

Cada vez que se menciona sobre el arreglo de alguna falla que tiene o se prevé algún inconveniente con las máquinas que son el principal apoyo de la misión y visión de una compañía, se estaría hablando de la confiabilidad. Cabe resaltar, que se entiende por ello que es una medida de control de cada herramienta de trabajo. En conclusión, el uso de esta confiabilidad es vital para la sociedad, el cual depende muchas veces del funcionamiento adecuado de los equipos, con su diagnóstico veraz e inmediato se pueden evitar retrasos en las ventas y en las salidas de los productos que son el medio para el fin lucrativo de una sociedad. (Maite y Rebeca, 2016).

1.1.4.1. Objetivos del mantenimiento centrado en confiabilidad

Cabe indicar que el principal objetivo se enmarca en aquel resultado que se obtiene del mantenimiento y uso de este.

El RCM sin lugar a dudas es el ideal para mantener activas las maquinarias, cumpliendo con el objetivo principal y se visualizan con los índices proyectados. Recordando que, se debe aplicar constantemente, manteniendo un registro de ello, así mismo se

disminuirán todo aquel costo de mantenimiento, de los técnicos y todo lo que conllevaba a ello. (Montes, 2013)

- **Las siete preguntas básicas del RCM**

Basado en la norma SAE JA-1011 un sustento identificado en la seguridad debe responder las mencionadas. Dicha determinación son las interrogantes, dando el cálculo con métodos de seguridad a modo que el AMEF y el ALD. La primera parte contribuye a diagnosticar los resultados de prevención para cada forma en su entorno estratégico, entretanto en la otra parte faculta la decisión del ejemplo de sustento más apropiado, por cierto, tipo de cambio. Tal como verifica en la figura siguiente.



Fuente: Norma SAE JA 1011, Criterios de evaluación para procesos RCM, Sección 5

Figura 2. Criterio de evaluación para procesos RCM.

Fuente: Norma SAE JA 1011.

- **Implementación del RCM**

Utilizando de la siguiente forma lo resaltado en la siguiente figura, se nos reflejara aquella continuación de una forma que toda aquella tarea vista se deba aplicar. Resaltando las fallas funcionales, sin embargo, se debe tener en cuenta

que la forma exacta y la mejor manera de resolver como usar dicho diagrama manteniendo un orden claro y preciso, donde se deja en claro todo a lo que se desea llegar. (Moubray, 1997)

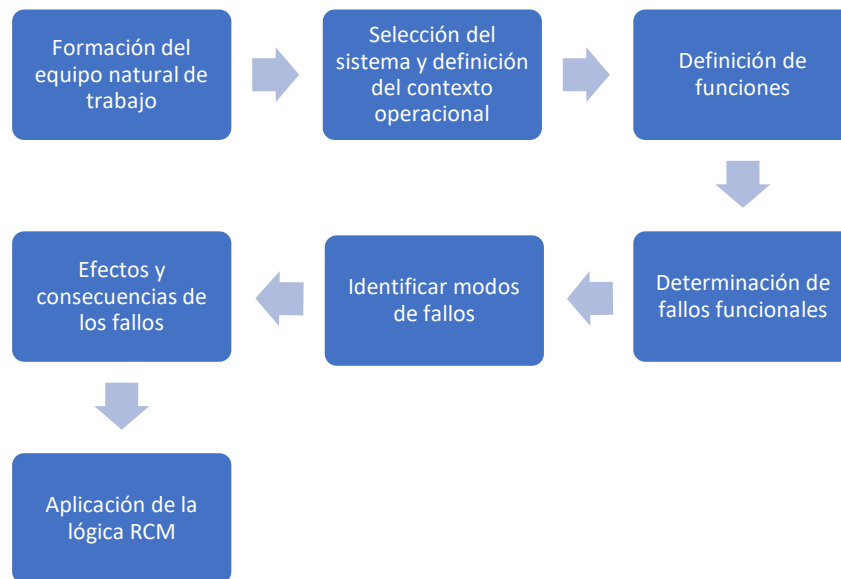


Figura 3. Flujograma de implementación RCM.

Fuente: Parra Márquez y Crespo Márquez 2012.

1.1.5. Fallas

Se encuentran de una forma por aquel parámetro de demuestran las máquinas, teniendo en cuenta la disponibilidad y mantener informados que a través de la medición se podrán medir la parte del control de aquellas partes de equipos. (Pérez, 2010)

a. Fallas funcionales

En la globalización del RCM, los modos errados son renombrados como fallas funcionales, ya que suceden para que un elemento llega a completar su trabajo a un nivel de cumplimiento que sea permisible por el operario. (Mourbray, 2004)

- **Análisis de modo y efecto de falla**

Dicho estudio frecuente en obviar desperfectos con respecto a los procedimientos de sustento, inspeccionando de manera gráfica y consecuente. Siendo una forma básica

para alcanzar la efectividad, dejando en claro la parte ingeniera de seguridad como la realización o elaboración de seguridad, estudio de fracasos previas después del estudio provechoso de ellos, buscando las causas de error, puntualizando discretas adecuadas y provisionales por ello no es dable que se reiteren. (González, 2005)

- **Modo de falla**

Los modos de falla “razonablemente similares” engloban aquellos desperfectos que suscitaron en el mismo elemento o en semejantes, desperfectos que ahora están siendo evitadas por sistemas de mantenimiento ya existentes, y deficiencias que no sucedieron aun, pero que se estiman como probabilidades muy concretas. Los registros de modos de fallas habituales, integran averías provocadas por el desgaste o el mal uso y daño normal. Por otro lado, además debe incluirse averías producidas por desaciertos de los profesionales o por averías de diseño de manera que los probables autores de las averías en componentes pueden ser reconocidos y manejados apropiadamente. (Mourbray, 2004)

- **Efecto de falla**

Ellos explican lo que acontece al producirse cada modo de falla. Esta especificación engloba toda la indagación indispensable para avalar la estimación de los efectos de las fallas, como ser:

- Evidencias, de que el desperfecto sucedió.
- Cómo se dio, simboliza un peligro para la protección del planeta.
- De qué modo, daña el rendimiento u operación.
- Que tiene que realizarse para restaurar el desperfecto.

- **Consecuencia de las fallas**

Cada uno de estos desperfectos perjudican a la institución en algún grado, pero en cada situación las consecuencias

son diversas. Pueden perjudicar la operatividad. Así mismo, podrían dañar la calidad del producto, asistencia al usuario, protección del planeta.

La gran mayoría denotará el consumo de tiempo y dinero para arreglarlas. Son esos resultados los que desempeñan el mayor peso para que logremos precaver cada desperfecto. En otro contexto, si un desperfecto trae resultados serios, tendremos que concebir todo lo admisible para lograr prevenirlas. De otro modo, si esta no daña o daña en un nivel ínfimo, por lo tanto, tal vez dispongamos no realizar un mantenimiento rutinario que llegue al alcance de mantener todo limpio y aceitado.

El desarrollo del RCM separa estos resultados en fases:

- * **Consecuencias de fallas ocultas:** Los desperfectos escondidos no originan una colisión directa, pero muestran a la compañía los desperfectos múltiples, con resultados serios y repetidamente calamitosos.

- * **Consecuencias medioambientales y de protección:** Un desperfecto trae como resultado de protección si probablemente puede malograr u ocasionar pérdidas humanas. Tiene secuelas ambientales si causa la re floración de cualquier normativa a nivel nacional e internacional.

- * **Consecuencias operativas:** Un desperfecto ocasiona secuelas de operación cuando estropea la productividad (rentabilidad, aptitud de la utilidad, asistencia a los precios de la operación, incluido el precio inmediato por restauración).

- * **Consecuencias no operativas:** Los desperfectos incuestionables que acceden a este rango, no tienen consecuencias de protección, de manera que solo incluye el monto de reconstrucción. (Mourbray, 2004)

➤ **Análisis de criticidad**

Se resalta por mantener la jerarquía del sistema en específico y mantener la parte del medio ambiente, en óptimas condiciones, puesto que el objetivo principal es la toma de decisiones. Nos permite verificar y tener en claro el punto en el cual se debe realizar toda la atención, y meditar los procesos que se tendrán que aplicar. (García 2012)

Ello se una en los siguientes casos:

- Prevaler OT de elaboración y sustento.
- Regir los manejos de mantenimiento sobre aquellos críticos.
- Precisar escaseces de mantenimiento.
- Determinar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Los pasos para la aplicación del análisis de criticidad son:

- Identificar las máquinas a evaluar.
- Definir alcances y objetivos del estudio.
- Selección del personal a entrevistar.
- Informar al personal sobre la importancia del estudio.
- Recolección y verificación de datos.
- Establecimiento de la lista de jerarquía de las maquinas.

Según Woodhouse (1994) se identifica según lo siguiente:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} * \text{CONSECUENCIA}$$

Dónde:

Consecuencia = (Impacto operacional x flexibilidad operacional) + Costo de mantenimiento + impacto a seguridad ambiental e higiene.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 4. Matriz de criticidad.

Fuente: Ramírez Quintero (2014).

- **Determinar el grado de acritud**

Se puede evaluar el valor de acritud, considerándose el efecto de la falla en la máquina o equipo. Utilizaremos la escala del 1 al 10, donde “1” equivale a un grado leve de falla y “10” equivale a un grado extremadamente crítico de falla.

TABLA 1. Evaluación del grado de acritud

VALORES	ÍNDICE DE CRITICIDAD	
1	El desperfecto en la máquina no causa problemas de seguridad o contra el medio ambiente.	ESCASA
	El desperfecto de la máquina no perjudica a la especificación del equipo o su utilidad.	
	No hay tiempo de parada de la producción.	
2-3	El desperfecto de la máquina podría generar algunas fallas leves de seguridad o al ambiente.	BAJA
	El desperfecto de la máquina dañará ligeramente el activo o su utilidad.	

	El turno de detención de la raya de producción debido al desperfecto de la máquina es menor de 15 minutos.	
4-5-6	El desperfecto de la máquina podría generar algunas fallas de seguridad al medio ambiente.	MODERADA
	El desperfecto de la máquina podría generar un cuerpo templado de productividad externamente de descripción o daño levemente la utilidad.	
	El tiempo de detención del seguimiento del producto debido al desperfecto del aparato puede ser desde 15 minutos hasta 1 hora máximo.	
7-8	El desperfecto de la máquina podría generar algunas fallas de seguridad o al ambiente.	ALTA
	El desperfecto de la máquina podría generar un cuerpo templado de productividad externamente de descripción o daño levemente la utilidad.	
	El tiempo de detección de la línea de producción debido al desperfecto de la máquina puede ser desde 1 hasta 4 horas máximo.	
9-10	El desperfecto de la máquina podría generar graves dificultades en las maquinarias.	MUY ALTA
	El desperfecto de la máquina podría generar un volumen importante de productividad fuera de especificación o daño levemente la utilidad.	
	El tiempo de detección siendo una forma de producto debido al desperfecto del aparato puede ser desde 4 hasta o más.	

Fuente: Moubray 2004.

- **Determinar el grado de ocurrencia**

Es indispensable considerar la medición sobre el tipo de falla que tiene una valla alta. Se emplea una escala de evaluación del 1 al 10. El “1” enseña escasa posibilidad de chiste, el “10” exterioriza la forma en subida del tipo.

TABLA 2. *Escala para evaluar la ocurrencia del AMEF*

VALORES	ÍNDICE DE OCURRENCIA	
1	Probabilidad de que el modo de falla, se produzca por esa causa.	ESCASA
	Está establecido un mantenimiento predictivo.	
	Experiencia no concurrente o muy escasa.	
2-3	Probabilidad de que ese modo de falla, se produzca por esa causa.	BAJA
	Está establecido un mantenimiento predictivo y auto control.	
	Experiencia no concurrente o muy escasa.	
4-5	Probabilidad de que ese modo de falla, suceda por esa causa.	MEDIA
	Está establecido un mantenimiento preventivo y auto control no eficaz.	
	Experiencias concurrentes.	
6-7-8	Probabilidad de que ese modo de falla, se produzca por esa causa.	ALTA
	No hay un auto control establecido	
	Experiencias concurrentes.	
9-10	Probabilidad de que ese modo de falla, se produzca por esa causa.	MUY ALTA
	No hay un auto control establecido.	
	Experiencias concurrentes.	

Fuente: Moubray 2004.

- **Hoja de decisión del RCM**

Es un instrumento que utilizaremos para anotar las réplicas a las interrogantes del esquema de arbitraje. De igual forma ayuda a seleccionar de forma óptima la tarea de mantenimiento acorde a los equipos, y determinar aquel tipo de respuesta de una determinada falla.

Las contestaciones a las interrogantes planteadas en el bosquejo de la toma de decisiones plasmadas en un registro de fallo y dichas formas se visualizan de la siguiente manera:

- La forma es continua de ser la manera (si lo hubiera) será aplicado, de tal manera que sea aplicado y el profesional idóneo para ello.
- Qué desperfectos sean evidentes para buscar las soluciones de una manera justificada.
- Teniendo en claro que se tendrá en cuenta para tomar una decisión las fallas que tengan.

El formato de la hoja de decisión RCM, se encuentra partida en 16 puntales, dichas van encabezando F (función), FF (falla funcional) y FM (modo de falla).

1.1.6. Definiciones

Según el Estándar ISO/DIS 14224 – 2004 Confiabilidad y Disponibilidad se definen de las siguientes maneras:

A. Confiabilidad

Es la posibilidad que una máquina realice apropiadamente su cometido con el fin que fue creado, en el espacio de espacio especificado y bajo las circunstancias de operación brindadas.

B. Disponibilidad

Es la primordial cuantificación ligado al sostenimiento, dado que recorta la cabida de productividad. Se determina como la posibilidad de que un componente se encuentre presta para producción en una duración de espacio determinado, o sea que se paralice por defectos o reajustes.

C. Mantenibilidad

Es descrita por la ISO/DIS 14224, con la cabida, inferior situaciones brindadas, que posee un componente o elemento de ser conservado o renovado en una duración de espacio

dado a una etapa en que sea calificado para lograr su puesto principal reiteradamente, cuando el sostenimiento ha sido ejecutado bajo circunstancias vencidas, con técnicas y caudales apropiados.

Notaremos donde las formas específicas se deberán aplicar en el entorno estratégico para encontrar dichos cálculos determinando el parámetro de la siguiente manera, para la seguridad del instrumento:

La confiabilidad operacional Co

$$Co = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

La disponibilidad Operacional Do

$$Do = MUT / (MUT + MTTR)$$

Dónde:

MTBF (Mean Time Between Failures): Es el Tiempo promedio entre Fallas

MTTR (Mean Time To Repair): Es el Tiempo Promedio para Reparar

MUT (Mean Up Time): es Tiempo Promedio en Operación (arriba) o Tiempo promedio para fallar (MTTF)

La ecuación clásica de la Mantenibilidad es:

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)}$$

Cuando μ o rata de reparación es constante.

Es el periodo del resultado final para restaurar un elemento cuando presenta daño, siendo el periodo adecuado y esperado, donde se resalta el índice consecuente con un arreglo.

Queda claro que la rata (μ) de acuerdo al MTTR es definido como:

$$\mu = 1/MTTR$$

Una máquina que tiene autonomía de movimiento, por ende, está en movimiento por un motor de combustión y unos dispositivos de transmisión que le posibilitan el desplazamiento por el campo cuando esta realiza su función. Las maquinarias son componentes que se usan energía la

cual es transformada en fuerza motriz; en el terreno agrícola, los mecanismos a motor que se utilizan en estos trabajos facilitan la producción y acrecientan las técnicas de labranza. (Ecured/maquinaria-agrícola)

Hablar del motor, es mencionar la energía del tipo combustible, la parte involucrada y medidora que se alega con el aceite genera un sistema principal para general un secundario. (Novoa)

“Conocido como sistema de transmisión de potencia, su funcionamiento primordial es transmitir la fuerza y el movimiento mediante la utilización de un fluido (aceite), básicamente no comprimible”. (es.scribd.com)

“Los sistemas eléctricos en un tractor agrícola cumplen la función de:

- Mantener la carga de la batería después de un arranque mediante un circuito de carga como es el alternador.
- Provocar el movimiento inicial del motor para poder poner en funcionamiento, a través de un circuito de arranque, como es el motor de arranque o arrancador.
- Abastecer de corriente eléctrica para lograr el accionamiento de todos los accesorios eléctricos.

El efecto de mantener toda falla desde un punto de vista de contaminación, y con respecto a la máquina que una sociedad mantiene, para que se mejoren y mantengan en límites de desgastes.

Mantener las formas de límites de cierto componente y reducción de las formas de mantenimiento, disminuyendo poco a poco las fallas que se veían. (Novoa).

Si bien es cierto se han realizado diversas investigaciones sobre “mejoras en mantenimiento preventivo basado en RCM”, sin embargo, no se han estudiado sobre “mejorar el mantenimiento preventivo con un mantenimiento basado en RCM para el tractor agrícola del sector azucarero” lo cual es un inconveniente

que debe solucionarse. De tal manera aportar mayor alcance de información para que pueda servir como precedente ante otras investigaciones para más alumnos universitarios”.

Es por ello por lo que se formulan las siguientes justificaciones para la ejecución de mi proyecto de tesis.

- **Técnica:** proporcionará notables mejoras en la planificación del mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, permitiendo así, elaborar nuevas estrategias, planificación de tiempos, supervisión eficaz de la maquinaria, realizando un análisis de criticidad, elaborando registros de paradas de la maquinaria, cuadro de decisiones, etc., primordialmente la forma de mantener capaces a los encargados del arreglo e inspección de las maquinarias para mejorar y actualizar sus conocimientos previos y puedan aplicar así un mantenimiento confiable.
- **Económica:** esta investigación permitirá una reducción de gastos a las empresas, debido a que, al no cumplir con un plan de sostenimiento asentado en seguridad de sus máquinas quedan inoperativas y da lugar a que tengan que alquilar maquinaria lo cual ocasiona un costo diario por maquinaria, implementando un RCM se logra la operatividad y disponibilidad de la maquinaria y se ajustará los costos, así se podrá implementar mayores repuestos, seguridad al personal, etc.
- **Social:** la elaboración de un plan de sostenimiento basado en confiabilidad aportará no solo a la compañía, de igual manera aportará a nuestra sociedad ya que al contar con maquinaria disponible y operativa se recurrirá a brindar un buen trabajo a las personas capacitadas en operación de maquinaria, así también al aplicar la gestión se brindará capacitación al personal involucrado con la maquinaria entre otros, de igual manera se podrá apoyar con maquinaria a través de acuerdos con los municipios de cada distrito para trabajos específicos.
- **Ambiental:** la implementación de un mantenimiento confiable aportará al medio ambiente ya que estando las máquinas en un mejor estado de operatividad contaminarán en menor proporción el ambiente, no arrojando los aceites usados al ambiente sino clasificarlos y colocarlos en envases

destinados para ser reutilizados, así cuidaremos la salud del medio ambiente por consiguiente la salud de todos nosotros.

La aplicación de este proyecto nos permitirá evidenciar ¿En qué régimen mejora el mantenimiento preventivo del tractor agrícola del sector azucarero si se aplica un plan de mantenimiento basado en confiabilidad?

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo como consecuente el objetivo general:

Aplicar un mantenimiento basado en confiabilidad para mejorar el mantenimiento preventivo del tractor agrícola del sector azucarero.

Debiendo realizar los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual en la práctica del mantenimiento preventivo del tractor agrícola.
- Identificar e implementar técnicas de análisis de fallas potenciales del tractor agrícola.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicando las técnicas del RCM.
- Determinar el efecto de las técnicas aplicadas en el desempeño del mantenimiento preventivo aplicando el RCM para la maquinaria agrícola.

II. MÉTODOS

2.1. Diseño de investigación

La indagación es aplicada, tiene como propósito remediar un inconveniente de baja eficiencia de la aplicación del mantenimiento preventivo actualmente de la máquina agrícola, suministrando los conocimientos de mantenimiento basado en confiabilidad para lograr el propósito trazado como mejorar el mantenimiento preventivo del tractor agrícola en el sector azucarero.

Con la elaboración del mantenimiento basado en confiabilidad otras empresas obtuvieron resultados favorables cumpliendo con los estándares requeridos.

Es una exploración de tipo cualitativa ya que se redactarán desiguales resúmenes de la problemática. Experimental, ya que se pretende estudiar el efecto de dicha técnica para mantener la máquina segura se debe aplicar al mantenimiento preventivo.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

- ✓ **Variable independiente**

RCM

- ✓ **Variable dependiente**

Mantenimiento preventivo del tractor agrícola.

2.2.2. Operacionalización

TABLA 3. Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición	Instrumento
Mantenimiento basado en confiabilidad	<p>Establece una estrategia de mantenimiento cuyo propósito primordial es resguardar las funciones de un sistema definido, contrario a las políticas convencionales de mantenimiento.</p> <p>(Knecevic, 2011),</p>	<p>Este método contribuye para determinar las tareas de sostenimiento con mayor frecuencia a los elementos más significativos, las funciones de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad sirven como instrumentos para la toma de decisiones.</p>	<p>Índice de confiabilidad del equipo.</p> $conf = \left[\frac{TFP - TMC}{TFP} \right] * 100$ <p>TFP: tiempo de funcionamiento programado. TMC: tiempo de mantenimiento correctivo.</p> <p>Índice de disponibilidad del equipo.</p> $DISP = \left[\frac{TFP - TF}{TFP} \right] * 100$ <p>TFP: tiempo de funcionamiento programado. TF: tiempo de fallas.</p> <p>Índice de mantenibilidad del equipo</p> $M(t) = 1 - e^{-u \cdot t}$ <p>M(t): probabilidad de que la reparación comience en el tiempo t=0 y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t e: constante Neperiana (e=2.303.)</p>	Razón	<p>Reportes diarios.</p> <p>Registro de inspecciones y acciones correctivas.</p> <p>Control de mantenimientos.</p>

			μ : número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación.		
--	--	--	---	--	--

<p>Mantenimiento preventivo del tractor agrícola</p>	<p>“se entiende por mantenimiento preventivo a la anticipación y prevención de ciertas fallas que puedan presentarse en los equipos o en la maquinaria, asegurando el funcionamiento operacional de los mismos con un bien común, de tal manera se pueda evitar futuras fallas en los componentes de la maquinaria” (Soler,21012)</p>	<p>Es una actividad en la cual se produce algunos cambios de los componentes y aditivos siendo programados periódicamente según el manual del fabricante, permitiendo solucionar anomalías antes que resulte fallas potenciales y se convierta en correctivas, siempre con el objetivo de prolongar la vida útil del equipo o maquinaria.</p>	<p>A. Programación de trabajos: Búsqueda de las actividades a ejecutar y precisar las gestiones a perseguir para su realización.</p> <p>B. Reporte del monitoreo de condiciones: Se controla el estado de la maquina mediante la información recopilada en cada mantenimiento.</p> <p>C. Reporte de Check list: Revisión visual y operativa de la maquinaria.</p> <p>D. Ejecución de trabajos: Se toma encuesta la ejecución de trabajos entre los trabajos programados, ya que con los resultados ayuda a la toma de decisiones.</p>	<p>Razón</p>	<p>Programa de mantenimiento preventivo planificado.</p> <p>Hoja de ruta o reportes diarios.</p> <p>Aplicación de OT y SS.</p>
---	---	---	---	--------------	--

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población y muestra

➤ Población

La indagación del presente es basada en el tractor agrícola de la empresa Industrial Pucalá S.A.C con una población de un aproximado de 6 unidades agrícolas las cuales cierto número se encuentran a cargo de Agro Pucalá e Industrial Pucalá.

➤ Muestra

Está conformada por 6 unidades las cuales se encuentran a responsabilidad de la empresa Agro e Industrial Pucalá S.A.C.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

➤ Entrevista

Se realizan entrevistas al personal técnico encargado del mantenimiento de las unidades, operadores, personal administrativo y logístico evaluado el conocimiento de la seguridad en base a erradicar las fallas.

➤ Observación

Con el objetivo de recopilar la información del mantenimiento actual de las unidades, y así tener un control de las actividades de las unidades.

➤ Análisis de documentos

Se recopilará información de la maquinaria para analizar la disponibilidad de las unidades, de tal manera que aporte al análisis económico del mantenimiento realizado.

➤ Procedimiento experimental

En este proceso aplicaré formatos para la realización del mantenimiento tales como formatos de OT, para llevar un control con mayor eficacia de igual manera brindar mayor formalismo de las tareas de mantenimiento a realizarse.

➤ AMEF

Es el Análisis del modo y efecto de fallas, siendo una forma que revela aquella falla ubicada en el sistema, donde desea verificarse y determinarse de la mejor manera, con todos sus

componentes identificándolos, de tal manera que tenga un seguimiento detallado, aclarando las pruebas que se van a tener para prevenir futuras fallas.

➤ **Análisis de criticidad**

Dándole la mejor utilización se puede sistematizar todas las formas para implementar en función de todo lo ya mencionado, dando facilidades puesto que ya se tendrá en cuenta lo agendado, llevando un control para cada decisión. Manteniendo el análisis crítico de cada profesional para poder evitar una falla en el futuro. (García 2012)

Descripción de los instrumentos a utilizar:

- ✓ Aplicación del software Excel siendo utilizado para el mantenimiento adecuado.
- ✓ Información del mantenimiento actual de la maquinaria agrícola.
- ✓ Reportes diarios de los operadores de las unidades.
- ✓ Formatos de control del mantenimiento de las unidades.
- ✓ Fichas de fallas de las diferentes unidades.
- ✓ Características de las unidades para su estudio.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para este proyecto utilizaremos el estudio de datos cualitativos se deduce el desarrollo mediante el cual se establece y emplea la información recolectada para constituir relaciones, analiza, extraer significados y conclusiones.

2.6. Aspectos éticos

Como el estudioso mi compromiso para con la empresa es mantener la confidencialidad de la información brindada para el progreso de este plan, velar por la veracidad de la investigación y la información recolectada para la implementación de la mejora del mantenimiento preventivo aplicando RCM.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnosticar la situación actual en la práctica del mantenimiento preventivo del tractor agrícola de la empresa

El primer objetivo se desarrolla, se describe principalmente el estado actual de la maquinaria, luego se realizó una evaluación de las fallas de la maquinaria de acuerdo a las tareas que se ejecutan con el apoyo del jefe de supervisión del área, los datos de números de fallas que se registraron en el periodo junio del 2016 a marzo del 2019. Con la finalidad de saber cuáles son los problemas existentes de la maquinaria.

El diagnóstico de mantenimiento preventivo en la actualidad se realizó bajo ciertas variables, se pudo encontrar una organización básica de funciones mínimas para los colaboradores. La responsabilidad se centra a nivel de supervisión, no se tiene establecido una organización definida de mantenimiento, no existe metas ni objetivos contemplados. Solo consideran un mantenimiento preventivo como el cambio de aceites y filtros, se centran mayormente en la aplicación del mantenimiento correctivo, no existe una estadística del tiempo de parada y reparación de la maquinaria, no cuentan con estudios que aseguren la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

- **¿Quiénes somos?**

Somos una empresa dedicada al rubro de la producción y venta de azúcar rubia doméstica, de igual manera sus derivados: alcohol, melaza y bagazo. Siempre con el cumplimiento de nuestros clientes respecto a la calidad, higiene, atención y distribución.

- **Organización de la empresa para el mantenimiento de su maquinaria**

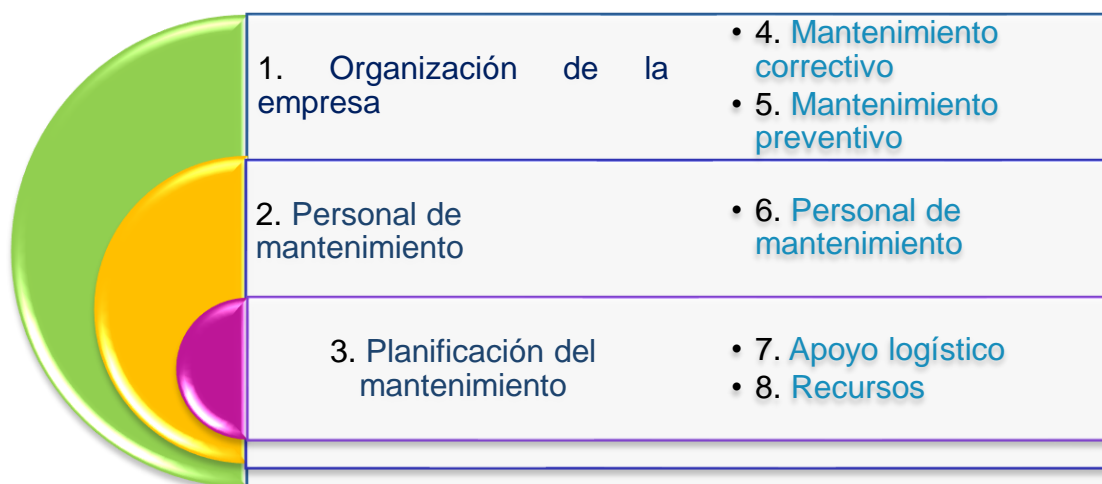


Figura 5. valoración de sostenimiento en la asociación.

Fuente: elaboración tasilla.

○ **Misión**

Constituir una empresa líder enfocada en el bienestar de sus colaboradores mediante la creación de planes y estrategias, solventadas en procesos y tecnología adecuada, dirigidos a satisfacer los requerimientos del competitivo mercado azucarero. Fomentando un ambiente de paz laboral, responsabilidad social y mejora en calidad de vida.

○ **Visión**

Ser la empresa líder en el sector azucarero nacional, mediante procesos y tecnología de vanguardia que garanticen productos de calidad, higiene y distribución oportuna a nuestros clientes. Actuando con responsabilidad social y ambiental para aportar con un significativo ejemplo al desarrollo regional.



Figura 6. empresa parte maquinaria.

Fuente: empresa azucarera.



Figura 7. maquinaria para la cosecha.

Fuente: empresa azucarera.

La disponibilidad de la maquinaria se logra obtener en todas las formas, como los porcentajes de horas consecuentes de la labor y por consecuente las formas malas y determinadas de los recursos, se contempla una disponibilidad de 80%.

$$D = \frac{HL-PP-PR}{HL} \quad D = \frac{800-10-80}{800} \quad D=80\%$$

HL= Horas laborables de la empresa.

PP=Paradas de equipos para mantenimiento preventivo.

PR=Paradas por mantenimiento correctivo.

○ **Maquinaria**

Con cierta frecuencia se presentan fallas en la maquinaria por lo que, obliga al operario a detener el trabajo por cierta cantidad de horas, incluso algunos días hasta algunas semanas, lo que ocasiona pérdidas económicas y productivas, a continuación, muestro una tabla con los datos de la maquinaria agrícola con la que cuenta la empresa.

TABLA 4. *Maquinaria agrícola de la empresa AGRO PUCALÁ*

Máquinas	Marca	Modelo	Cantidad	HP	Potencia total
Tractor agrícola	John Deere	7830	2	165	123.9 kW
Tractor agrícola	John Deere	7515	1	140	104.4 kW
Tractor agrícola	John Deere	6125D	1	125	93.2 kW
Tractor agrícola	Massey Ferguson	7415	1	215	160.3 kW
Maquinaria agrícola-pesada	Volvo L120F	D7ELAE3	1	241	180 kW

Fuente: elaboración propia.

3.2. Identificar e implementar técnicas de análisis de fallas potenciales de la maquinaria

Para realizar el segundo objetivo, primero se efectuó un análisis del número de fallas ocasionadas durante el asunto de productividad, las cuales ocasionaron paradas, des favorecimiento en tiempos y sobre costos.

Se realizó una data de fallas iniciando noviembre de 2018 a octubre de 2019. Las máquinas analizadas son los tractores agrícolas mencionados anteriormente.

TABLA 5. Cantidad de fallas por maquinaria

NÚMERO DE FALLAS NOVIEMBRE 2018 A OCTUBRE 2019													
Máquina	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	TOTAL
JOHN DEERE 7830-19019	2	3	2	4	2	1	1	0	1	0	0	0	16
JOHN DEERE 7830-19020	1	2	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	8
JOHN DEERE 7515-19021	0	1	2	1	0	1	0	2	0	0	1	0	8
JOHN DEERE 6125D-19022	1	2	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	7
MASSEY FERGUSON 7415-19023	3	1	1	0	2	1	0	0	0	1	0	1	10
VOLVO L120F	0	1	1	2	2	1	0	0	1	0	0	0	8

Fuente: elaboración propia.

TABLA 6. Costo de reparación por máquina

COSTOS POR REPARACIÓN 2018-2019													
Máquina	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	TOTAL S/.
JOHN DEERE 7830- 19019	701	2 103	695	1 743	725	211	154	0	164	0	0	0	6 493
JOHN DEERE 7830- 19020	232	360	0	100	135	95	100	0	0	118	0	0	1 140
JOHN DEERE	0	121	180	115	0	100	0	673	0	0	11 8	0	1 307

7515-19021													
JOHN DEERE 6125D-19022	185	420	0	130	100	0	120	0	0	98	0	0	1 053
MASSEY FERGUSON 7415-19023	2 230	175	163	0	1 000	154	0	0	0	125	0	145	3 992
VOLVO L120F	0	110	135	384	290	142	0	0	0	0	0	0	1 061

Fuente: elaboración propia.

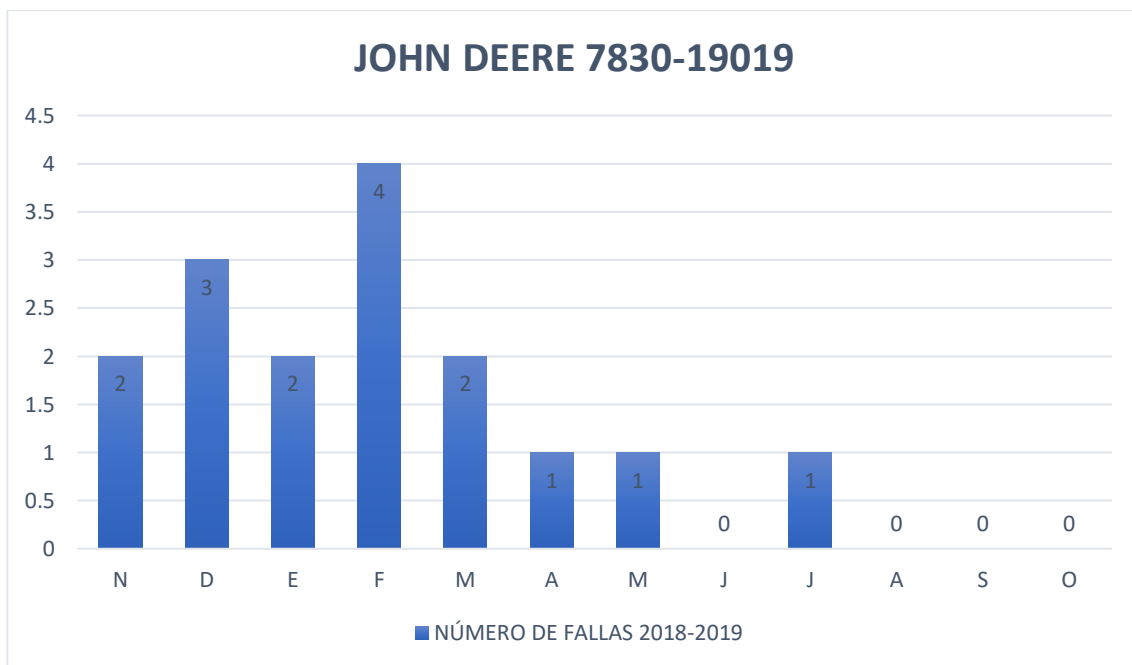


Figura 8. Número de fallas de maquina John Deere 19019.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede visualizar en la figura anterior, en el periodo de noviembre a Febrero 2018-2019, el tractor John Deere 7830-19019 lleva presentando un total de 11 fallas, esto es antes de aplicar un mantenimiento preventivo basado en RCM siendo algunas de las fallas perdida potencia de motor, sistema de arranque, bomba hidráulica y mangueras, etc., y con la aplicación de RCM en abril 2019 a la actualidad se evidencia una mejora en cuanto a parada por fallas.

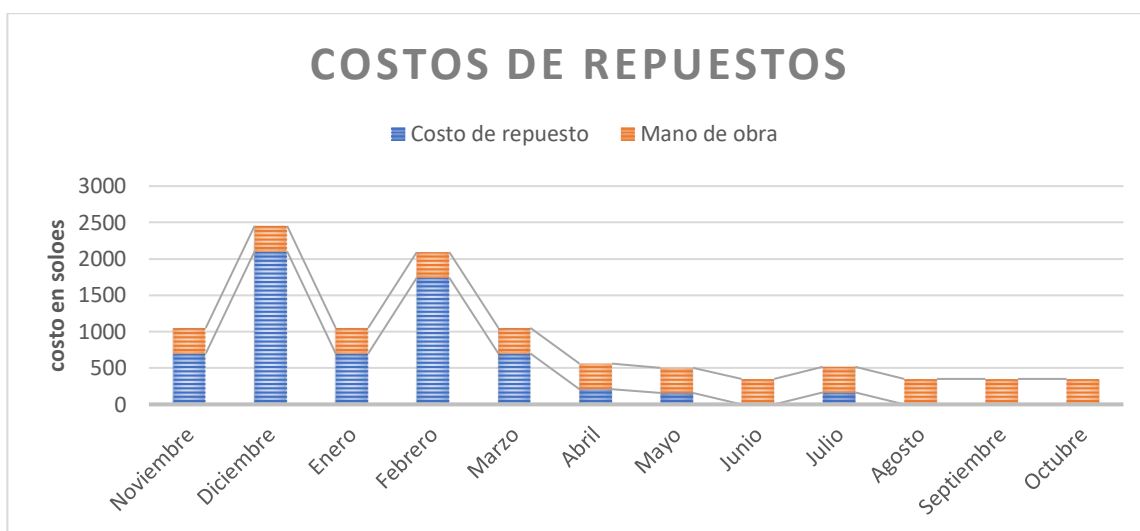


Figura 9. Costos de repuestos y mano de obra del tractor JHON DEERE 19019.

Fuente: elaboración propia.

❖ TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (TTO)

El cálculo de este tiempo de operación, resulta del tiempo de operación programada menos el turno para reparación por máquina.

A continuación se muestra una tabla del resultado del tiempo total de operación es decir del tiempo que estuvo operativa.

TABLA 7. *Tiempo de parada de las maquinarias 2018-2019 noviembre hasta abril*

Máquinas	Tiempo de operación programada (H)	Tiempo para reparación por máquina (H)12	Tiempo total de operación (H)
JOHN DEERE 19019	2160	168	1992
JOHN DEERE 19020	2160	72	2088
JOHN DEERE 19021	2160	60	2100
JOHN DEERE 19022	2160	60	2100
MASSEY FERGUSON 19023	2160	96	2064
VOLVO L120F	2160	84	2076

Fuente: elaboración propia.

TABLA 8. *Tiempo de parada de la maquinaria MAYO hasta OCTUBRE del 2019 implementando mantenimiento preventivo basado en RCM*

Máquinas	Tiempo de operación programada (H)	Tiempo para reparación por máquina (H)8	Tiempo total de operación (H)
JOHN DEERE 19019	2160	16	2144
JOHN DEERE 19020	2160	16	2144
JOHN DEERE 19021	2160	24	2136

JOHN DEERE 19022	2160	16	2144
MASSEY FERGUSON 19023	2160	16	2144
VOLVO L120F	2160	8	2152

Fuente: elaboración propia.

❖ TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR (MTTR)

La parte adecuada de realizar la reparación de la máquina y vuelva a realizar sus funciones con normalidad. El tiempo de adecuar, los indicadores con la mínima maleabilidad.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo para restaurar}}{\text{número de fallas}}$$

En la siguiente tabla se muestra el tiempo para restaurar y el dígito de fracasos por equipos, y dará como resultado el turno por modificar.

TABLA 9. *Tiempo medio para restaurar (MTTR) periodo noviembre 2018 a abril 2019*

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO PARA RESTAURAR TTR (H)	NÚMERO DE FALLAS POR MAQUINARIA	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR MTTR (H)
JOHN DEERE 19019	168	14	12
JOHN DEERE 19020	72	6	12
JOHN DEERE 19021	60	5	12

JOHN DEERE 19022	60	5	12
MASSEY FERGUSON 19023	96	8	12
VOLVO L120F	84	7	12
TOTAL			72

Fuente: elaboración propia.

TABLA 10. *Tiempo medio para restaurar (MTTR) periodo Mayo a Octubre del 2019*

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO PARA RESTAURAR TTR (H)	NÚMERO DE FALLAS POR MAQUINARIA	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR MTTR (H)
JOHN DEERE 19019	16	2	8
JOHN DEERE 19020	16	2	8
JOHN DEERE 19021	24	3	8
JOHN DEERE 19022	16	2	8
MASSEY FERGUSON 19023	16	2	8
VOLVO L120F	8	1	8
TOTAL			48

Fuente: elaboración propia.

❖ TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

Es tiempo promedio que una máquina o equipo cumpla su función sin paradas imprevistas, el MTBF es un indicador de confiabilidad.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total de operación}}{\text{numero de fallas por equipo}}$$

Se muestra mediante la siguiente tabla, el móvil recaudado mostrado la parte anterior, y el índice de fallos por máquina lo que nos brindará un resultado de época de una u otra falla.

TABLA 11. *Tiempo medio entre falla (MTBF) periodo noviembre 2018 a Abril 2019*

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN TTO (H)	NÚMERO DE FALLAS POR MAQUINARIA	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLA MTBF (H)
JOHN DEERE 19019	1992	14	142.29
JOHN DEERE 19020	2088	6	348
JOHN DEERE 19021	2100	5	420
JOHN DEERE 19022	2100	5	420
MASSEY FERGUSON 19023	2064	8	258
VOLVO L120F	2076	7	296.57
TOTAL			1 884.86

Fuente: elaboración propia.

➤ Indicadores de mantenimiento en la maquinaria

Deberíamos tener en cuenta antes de proceder a realizar un plan de mantenimiento debemos determinar el porcentaje de confiabilidad por cada máquina.

a. Confiabilidad

Para que una maquina llegue a destacar por su continuidad debe mantener un registro impecable, y esto se llega a dar previniendo cualquier falla.

$$CONFIABILIDAD = \frac{TTO}{TTPP}$$

TTO= Tiempo total de operación

TTPP= Tiempo total programado

TABLA 12. Confiabilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO (H)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN TTO (H)	CONFIABILIDAD
JOHN DEERE 19019	2160	1992	92%
JOHN DEERE 19020	2160	2088	96%
JOHN DEERE 19021	2160	2100	97%
JOHN DEERE 19022	2160	2100	97%
MASSEY FERGUSON 19023	2160	2064	95%
VOLVO L120F	2160	2076	96%

Fuente: elaboración propia.

b. Mantenibilidad

Cuando dichos instrumentos empiezan a fallar y a no responder como debería de ser, se empieza a restaurar y para ello se mantiene un lapso o tiempo.

$$MTTR = \frac{\text{tiempo para restaurar}}{\text{numero de fallas totales}}$$

TABLA 13. *Mantenibilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019*

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO PARA RESTAURAR TTR (H)	NÚMERO DE FALLAS POR MAQUINARIA	MANTENIBILIDAD MTTR (H)
JOHN DEERE 19019	168	14	12
JOHN DEERE 19020	72	6	12
JOHN DEERE 19021	60	5	12
JOHN DEERE 19022	60	5	12
MASSEY FERGUSON 19023	96	8	12
VOLVO L120F	84	7	12

Fuente: elaboración propia

c. Disponibilidad

Es una función que muestra, distintas maneras y se muestra disponible en función que revisa y erradica las fallas obtenidas con el paso del tiempo.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF=tiempo total de operación/ número de fallas totales

MTTR=tiempo para restaurar/ número de fallas

TABLA 14. Disponibilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a octubre 2019

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (H)	TIEMPO MEDIO PARA RESTAURAR MTTR(H)	DISPONIBILIDAD
JOHN DEERE 19019	142.29	12	92%
JOHN DEERE 19020	348	12	96%
JOHN DEERE 19021	420	12	97%
JOHN DEERE 19022	420	12	97%
MASSEY FERGUSON 19023	258	12	95%
VOLVO L120F	296.57	12	96%

Fuente: elaboración propia

➤ **Análisis de AMEF (análisis de modo y efecto de falla)**

Conociendo algunos de los datos utilizaremos una estructura de RCM para la evaluación donde salen a flote la parte crítica, así es que se puede implementar el mantenimiento antes de obtener un resultado no deseado. Luego así podremos establecer un plan de mantenimiento teniendo en cuenta todo lo resaltante y los resultados de los exámenes de AMEF, así como las formas de aplicar el RCM.

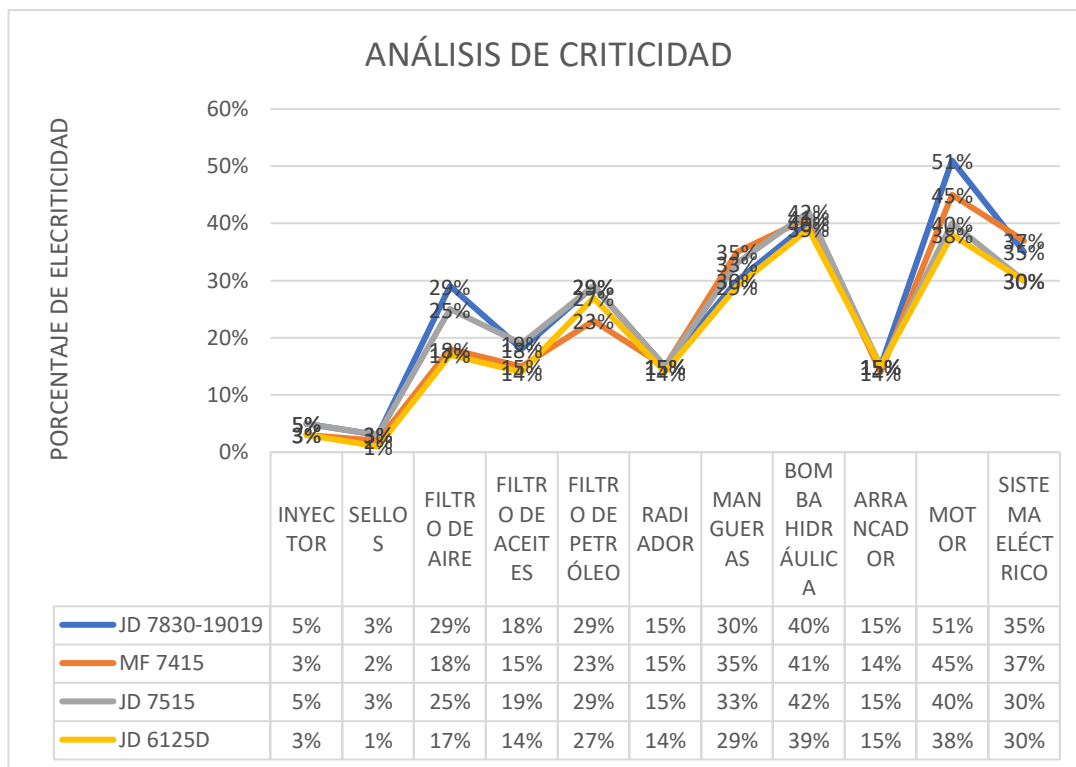


Figura 10. Información del sistema eléctrico.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 15. Cuadro de toma de decisión del sistema eléctrico

HOJA DE DECISION RCM			Elemento: JOHN DEERE 7830										Cod. 19019		Realizado por: Gallo D. Jesús	
			Componente: SISTEMA ELECTRICO										Ref.			
Referencia de informacion			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	Encargado del trabajo	
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
			F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3				H4
1	A	1	S	N	N	N	S						verificar estado del bendix al tiempo indicado	3000 Hrs	Mecánico Electricista	
1	A	2	S	N	N	N	S						verificar y limpiar arrancador	3000 Hrs	Mecánico Electricista	
1	B	1	S	N	N	N	S						reemplazar rodamientos o bocinas de arrancador	6000 Hrs	Mecánico	
1	C	1	S	N	N	S	S						realizar pruebar de carga de baterias	84 Hrs	Mecánico Electricista	
1	C	2	S	N	N	S	S						verificar estado de bornes de baterias, ajustar borneras de ser necesario	60 Hrs	Mecánico	
2	A	1	S	N	N	S	S						verificar y limpiar el regulador de voltaje de alternador	1500 Hrs	Mecánico Electricista	
2	B	1	S	N	N	N	N	N	S				proceder a cambiar el acido o rellenar agua destilada a las baterias	3000 Hrs	Mecánico Electricista	
2	B	3	S	N	N	S	S						proceder a cambiar carbones del alternador	2500 Hrs	Mecánico Electricista	
2	B	4	S	N	N	S	N	N	S				proceder a cambiar rodamientos del alternador	6000 Hrs	Mecánico	

Fuente: elaboración propia.

TABLA 16. Información del sistema de lubricación

HOJA DE INFORMACION RCM		Elemento: JOHN DEERE 7038			Cod. 19019	Realizado por: Gallo D. Jesús
		Componente: SISTEMA DE LUBRICACIÓN			Ref.	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFFECTO DE FALLA
1	Retener el aceite lubricante	A	falla en contención del aceite de lubricación debido a fugas	1	fuga de aceite	fuga de aceites debido a mal estado de empaquetaduras o retenes
				2	fuga por carter del motor	fuga de aceite lubricante debido a estar dañada la empaquetadura del carter
2	lubricacion de componentes del motor	A	insuficiente lubricación o lubricacion defectuosa	1	nivel de aceite que sobre pasa el limite	se encontrara el cigüeñal inundado por lo que podria producir burbujas de aire ocasionando una reaccion negativa
				2	acelite de lubricación insuficiente	producira sobrecalentamiento del motor, ya que habra deficiencia en lubricación de componentes por fricción.
3	Conduccion del aceite lubricante desde el carter a los filtros y a todo el sistema de lubricación	A	Transferencia del aceite de lubricación a una presión de 32 psi	2	posible aumento de presion en el sistema por paso de presión de combustión	probablemente debido a desgaste de anillos del piston asi mismo de camisas por lo que escapa compresion al carter
				B	ineficiencia en la transferencia del aceite lubricante inferior a la presion normal	1
		2	succión de aire por la bomba de aceite			se pierde la presion de aceite en el sistema
		3	bomba de aceite con fallas			circulación de aceite insuficiente

Fuente: elaboración propia.

TABLA 17. Decisión del sistema de lubricación

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: JOHN DEERE 7038									Cod. 19019		Realizado por: Gallo D. Jesús		
			Componente: SISTEMA DE LUBRICACIÓN									Ref.				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	Encargado del trabajo
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	S	S	S	N	N				Verificar las perdidas de aceite lubricante	24 Hrs	Operador	
2	A	1	S	N	N	S	S						verificar el nivel de aceite en el motor y adicionar si fuese necesario hasta su nivel limite	12 Hrs	Operador y mecánico	
2	A	2	S	N	N	S	S						aceite debe ser el adecuado en motor diesel SAE 15W40 al igual que los filtros correctos	250 Hrs	Mecánico	
3	A	2	S	N	N	S	S	N	N				realizar mediciones de compresion del motor	2000 Hrs	Mecánico	
3	B	3	S	N	N	S	S						inspeccion de la bomba de aceite del motor	250 Hrs	Mecánico	
3	B	4	S	N	N	S	S						verificar y limpiar enfriador de aceite y elementos	2500 Hrs	Mecánico	

Fuente: elaboración propia.

TABLA 18. Información del sistema de enfriamiento

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Elemento: JOHN DEERE 7830		Cod. 19019	Realizado por: Gallo D. Jesús	
		Componente: SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Ref.		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
1	Sostener una temperatura entre 80° C del agua refrigerante para buen funcionamiento del motor	A	refrigerante con aumento de temperatura del trabajo de motor	1	ineficiencia del radiador para el enfriamiento del sistema	recalentamiento de motor y testigo de temperatura enciende
				2	fuga de agua refrigerante	se enciende el testigo de temperatura del agua refrigerante, perdida del refrigerante falla de enfriamiento al sistema
		B	temperatura del agua refrigerante por debajo de los 80° C	1	fugaz por sello de termostato	salida de humo blanco, motor no alcanza potencia nominal
2	contener agua refrigerante en el sistema	A	no contiene el agua refrigerante	1	fuga de agua refrigerante por bomba	bajo nivel de refrigerante por lo que sobre pasa su temperatura normal de trabajo
3	regulacion y recirculacion el flujo de agua refrigerante	A	falla de regulacion y recirculacion del liquido	1	fallas en termostato	el termostato no sella correctamente potencia minia del motor
4	Bombear el agua refrigerante del radiador al sistema de enfriamiento	A	insuficiencia en el bombeo de agua refrigerante	1	impelente de bomba de agua falla	perdida de bombeo del refrigerante, sobrecalentamiento del motor.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 19. Decisión del sistema de enfriamiento

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: JOHN DEERE 7830										Cod. 19019			Realizado por: Gallo D. Jesús	
			Componente: SISTEMA DE ENFRIAMIENTO										Ref.				
Referencia de informacion			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	Encargado del trabajo	
							S1	S2	S3								
							O1	O2	O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	S						realizar limpieza del radiador	2500 Hrs	Mecánico		
1	A	2	S	N	N	S	S						realizar la limpieza general del sistema de enfriamiento	2500 Hrs	Mecánico		
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				cambiar el agua refrigerante	2500 Hrs	Mecánico		
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				cambiar el reten del termostato	5000 Hrs	Mecánico		
2	A	1	S	N	N	S	S						revisar las juntas de estanqueidad del sistema	500 Hrs	Mecánico		
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S				cambiar el termostato	5000 Hrs	Mecánico		
4	A	1	S	N	N	S	S						verificar el estado de la bomba de agua mantenimiento	1000 Hrs	Mecánico		

Fuente: elaboración propia.

TABLA 20. Información del sistema de inyección de combustible

HOJA DE INFORMACION RCM		Elemento: JOHN DEERE 7830		Cod. 19019		Realizado por: Gallo D. Jesús
		Componente: SISTEMA DE INYECCION DE COMBUSTIBLE}		Ref.		
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE FALLA
1	subcionar el combustible desde el tanque hacia la bomba de inyección	A	transferencia de combustible insuficiente	1	mangueras y conexiones dañadas	fuga de combustible y pérdida de presión en la inyección
		B	ineficiencia en la transferia de combustible	1	la bomba de combustible no subciona	no hay un buen abastecimeinto de combustible
				2	muy poco combustible	si se termina subcionara aire e ingresara al sistema y no producira arranque
2	inyección eficiente del combustible dentro de la camara de combustión	A	dificultad de inyección del combustible	1	el cedazo del tanque de combustible obstruido	falla en subción y perdida de potencia
				2	el tanque y el filtro de combustible sucios	nbaja presion de inyección del combustible, daña bomba de inyección.
				3	inyectores de combustible obstruidos	la inyeccion de combustible sera ineficiente falla de arranque
				4	inyección irregular de combustible	se visualiza salida de humo negro por el escape, fuera de sincronizacion de inyectores, cabezal de bomba con fallas
				5	presenta fallas en cabezal de bomba de inyección	perdida de presión en inyeccion de combustible para cada inyector

Fuente: elaboración propia.

TABLA 21. Decisión del sistema de inyección de combustible

HOJA DE DECISIÓN RCM			Elemento: JOHN DEERE 7830										Cod. 19019			Realizado por: Gallo D. Jesús	
			Componente: SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE										Ref.				
Referencia de información			evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	Encargado del trabajo	
							S1	S2	S3								
							O1	O2	O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	S							verificar fugas en todo el sistema de combustible	diario	Operador / Mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	S	N	N					dar mantenimiento al tanque de combustible	1500 Hrs	Mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	S							verificar el nivel de combustible en el tanque, el indicador debe estar por encima del nivel de reserva	diario	Operador	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S					cambiar filtros de petroleo	250 Hrs	Mecánico	
2	A	3	S	N	N	S	S							realizar un mantenimiento preventivo a los inyectores de combustible	1000 Hrs	Mecánico	
2	A	4	S	N	N	S	S							realizar un mantenimiento preventivo a la bomba de inyeccion de combustible	1000 Hrs	Mecánico	

Fuente: elaboración propia.

3.3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicando las técnicas del RCM

Se desarrolla una técnica preventiva basado en RCM a los equipos y componentes siguiendo diversos protocolos como es verificación, control, etc. De tal manera se mejorará el sistema de mantenimiento aplicado actualmente, implementando algunos formatos de apoyo al mantenimiento preventivo basado en índices de RCM, de tal forma que mejore el índice de probabilidad de falla.

Este planteamiento es una oportunidad de mejora continua tanto para el personal técnico encargado de realizar los mantenimientos correspondientes a la maquinaria, a la misma maquinaria para que sea más confiable, se encuentre disponible constantemente para realizar los trabajos requeridos, para la administración y logística ya que evitará costos excesivos por mantenimientos correctivos realizados a la maquinaria.

Debido al tiempo y al presupuesto se ha tomado como iniciativa para un análisis de estudio a un tractor en específico, debido a que este presenta mayor incidencia en números de fallas, posteriormente los resultados recopilados luego de haber implementado este plan de mantenimiento a dicha máquina servirá como ejemplo y así poder demostrar que un mantenimiento preventivo basado en confiabilidad brinda buenos resultados, reduce costos por reparaciones correctivas en gran escala, aumenta el índice de disponibilidad, índice de confiabilidad, y disminuye el índice de mantenimiento por reparación.




PLAN DE MANTENIMIENTO TRACTOR					
DATOS GENERALES				<div> INDUSTRIAL PUCALA MOTOR DEL DESARROLLO</div> <div></div>	
TRACTOR	JOHN DEERE 7830				
POTENCIA NETA	205 hp(153 Kw)				
DIAMETRO Y CARRERA	106.5 mm/127mm				
CILINDRADA	6.8 L				
CAPACIDAD TANQUE COMBUSTIBLE	392 L				
CAPACIDAD TANQUE HIDRAULICO	108 L				
LUBRICANTES UTILIZADOS					
CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	
	6	Gls	ACEITE MOBIL DELVAC WX 15W40	ACEITE MOTOR	
	45	Gls	ACEITE MOBIL TRANS HD 10W	ACEITE SISTEMA HIDRAULICO	
	6	Gls	ACEITE MOBILTRANS HD 50	ACEITE MOTOR DE GIRO	
FILTROS UTILIZADOS					
CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN		
	1	Pza	FILTRO DE CEITE DE MOTOR N/P 1R0739		
	1	Pza	FILTRO DE COMBUSTIBLE N/P 517951		
	1	Pza	ELEMENTO HIDRAULICO N/P 0937521		
	1	Pza	ELEMENTO HIDRAULICO N/P 126-2081		
	1	Pza	FILTRO HIDRAULICO N/P 413948		
	1	Pza	FILTRO DE AIRE PRIMARIO N/P 131-8822		
	1	Pza	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO N/P 131-8821		
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
				1000 HRA.	2000 HRA.
MOTOR					
CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR				X	X
CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE DEL MOTOR				X	X
ELIMINAR FUGAS DE ACEITE DE MOTOR, COMBUSTIBLE Y REFRIGERANTE				X	X
VERIFICAR EL ESTADO Y TENSION DE LA FAJA DE ALTERNADOR - VENTILADOR				X	X
CAMBIO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE				X	X
LIMPIAR TAPA Y COLADOR DE TANQUE DE COMBUSTIBLE				X	X
LIMPIAR DEL RESPIRADERO DEL MOTOR				X	X
REGULACIÓN DE INYECTORES					X
CAMBIAR DEL FILTRO DE AIRE PRIMARIO					X
CAMBIAR DEL FILTRO DE AIRE SECUNDARIO					X
CALIBRAR VÁLVULAS DE MOTOR					X
CAMBIO DE LIQUIDO REFRIGERANTE DEL MOTOR					X
MANTENIMIENTO DE BOMBA DE INYECCION					X
TRANSMISIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO					
REVISAR EL NIVEL DEL ACEITE DEL COMPARTIMINETO DEL RESORTE TENSOR DEL TREN DE ROTACIÓN				X	X
REVISAR EL NIVEL DE TRANSMISIÓN				X	X
CAMBIO DE ACEITE DE LA TRANSMISIÓN					X
CAMBIO DE FIELTRO DE ACEITE DE LA TRANSMISIÓN					X
REVISAR EL NIVEL DE ACEITES DE MANDO FINALES				X	X
CAMBIO DE ACEITE DE MANGOS FINALES					X
REVISAR EL NIVEL DEL SISTEMA HIDRAULICO				X	X
CAMBIO DE ACEITE DEL SISTEMA HIDRAULICO					X
CAMBIO DE FILTRO DEL SISTEMA HIDRAULICO					X
CAMBIO DE FILTRO DE RETORNO DEL SISTEMA HIDRAULICO					X
SISTEMA ELÉCTRICO					
REVISIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN				X	X
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ARRANCADOR					X
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ALTERNADOR					X
REVISAR NIVEL DEL ELECTROLITO DE LAS BATERIAS				X	X
ENGRASE GENERAL					
ENGRASAR COJINETE DE AJUSTADOR DE FAJA DEL VENTILADOR				X	X
ENGRASAR COJINETE DE LA BOMBA DE AGUA				X	X
LUBRICAR PESTILLOS DE PUERTAS				X	X
ENGRASE DE TOMA DE TRES PUNTOS				X	X
ENGRASAR PASADOR CENTRAL DE LA BARRA COMPENSADORA				X	X
MANDOS FINALES					
VERIFICAR EL ESTADO DE LOS RODAJES DE LOS MANDOS FINALES					X
VERIFICAR EL ESTADO DE LOS FRENOS					X
ENGRASAR ROTULAS	X			X	X
VERIFICAR EJES CARDAN	X			X	X
VERIFICAR ESTADO DE SELLOS Y CAMBIAR					X
FUENTE: Elaboración propia					

Figura 11. Plan de mantenimiento para el tractor JOHN DEERE 7830-190.

Fuente: elaboración propia.

 Industrial Pucalá <small>Mucho más que azúcar</small>		<h1>REGISTRO DE INSPECCION DIARIA</h1>			
<h2>TRACTOR JOHN DEERE 7830</h2>					
FECHA DE INSPECCIÓN:		HOROMETRO:			
SERVICIO A EJECUTAR				SI	NO
CABINA					
1	REALIZAR LIMPIEZA DE LA CABINA DE SER NECESARIO				
2	VERIFICAR ESTADO DEL CINTURON DE SEGURIDAD				
3	VERIFICAR ESTADO DE TABLERO				
MOTOR					
4	VERIFICAR NIVEL DEL ACEITE EN EL CARTER				
5	SEPARADOR DE AGUA DEL COMBUSTIBLE REALIZAR DRENADO				
6	REALIZAR LA LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO				
7	REVISAR NIVEL DE REFRIGERANTE RELLENAR DE SER NECESARIO				
8	VERIFICAR FUGAS DE COMBUSTIBLE SI EXISTIERA REPARAR				
9	VERIFICAR FUGAS DE ACEITE DE MOTOR SI LAS HUBIERA REPARAR O PROGRAMAR REPARACIÓN				
SISTEMA HIDRAULICO					
10	REVISAR SI EXISTE FUGAS DE ACEITE Y VERIFICAR NIVEL DE ACEITE				
11	INSPECCION DE DAÑOS EN LA TOMA DE TRES PUNTOS				
12	INSPECCION DE LAS CONEXIONES HIDRAULICAS, FUGAS Y DAÑOS				
SISTEMA DE TRANSMISION					
13	VERIFICAR DESGASTE, PERNOS FLOJO, FUGAS DE CARDAN, MANDOS FINALES, RUEDAS GUIAS, RUEDAS MOTRICES				
14	VERIFICAR RAJADURAS Y DEFORMACIONES DEL BASTIDOR				
15	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISION				
16	VERIFICAR FUGAS DE BOMBA HIDRAULICA				
SISTEMA ELECTRICO					
17	VERIFICAR ESTADO DE BORNES Y LIMPIAR				
18	VERIFICAR CONEXIONES				
EVALUACIÓN DE LA MAQUINA EN FUNCIONAMIENTO					
19	VERIFICAR RUIDOS, VIBRACIONES, CALENTAMIENTO Y EMISION DE HUMOS ANORMALES DEL MOTOR				
20	VERIFICAR LA LECTURA DEL HOROMETRO CON EL MOTOR EN MARCHA				
21	COMPROBAR FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LUCES				
22	COMPROBAR SONIDO DE ALARMA DE RETROCESO				
23	COMPROBAR SONIDO CORRECTO DE CLAXXON				
24	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE BOMBA HIDRAULICA				
25	ABRIR CONTACTO, VERIFICAR EN PANTALLA DE MONITOR TEMPERATURA, NIVEL DE COMBUSTIBLE, POSICION DE SELECTOR DE VELOVIDAD, NIVEL DE REFRIGERANTE, HORAS DE RECORRIDO.				
OBSERVACIONES Y JUSTIFICACIÓN DEL SERVICIO NO REALIZADO					

FUENTE: Elaboración propia

Figura 12. Registro de inspección diaria operador/mecánico.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Determinar el efecto de las técnicas aplicadas en el desempeño del mantenimiento preventivo aplicando RCM para la maquinaria

Cálculo de confiabilidad

La determinación del valor de confiabilidad de cada máquina, se realiza mediante el estudio de Weibull, por lo tanto, permitirá determinar la probabilidad de horas de funcionamiento de la máquina sin tener fallo, el procedimiento de cálculo es el siguiente:

El procedimiento se realiza:

- a) Establecer todos los productos de tiempo de funcionamiento de cada máquina en cada mes.
- b) Concretar todos los servicios promedios en disposición empinada.
- c) A través de la ecuación **$Rango = ((Mx - 0.3) / (N + 0.4))$** , se obtiene la mediana del listado, y este logra ser la medida en las observaciones.
- d) Weibull, resalta las funciones que determina y da a conocer aquellos ejes que enmarcan el logaritmo, donde se verifica x, y, para obtener la intersección exacta.
- e) Y como todo eje se expresa **$\ln (\ln (1 / (1 - \text{Median Rank})))$** , y sus valores del logaritmo de los tiempos de funcionamiento mensual de cada máquina.

Se realiza el cálculo para cada máquina, en la tabla 1, se tiene el registro del número de horas de funcionamiento mensual de cada máquina.

TABLA 22. *Tiempo en Horas de funcionamiento de maquinaria agrícola en cada mes, periodo Nov 2018 – Oct - 2019*

Máquina s	Tiempo de Funcionamiento de Maquinaria Agrícola (Horas											
	nov- 18	dic- 18	ene- 19	feb- 19	mar- 19	abr- 19	may- 19	jun- 19	jul- 19	ago- 19	sep- 19	oct- 19
JOHN DEERE 19019	142	130	136	128	134	170	167	204	16 9	204	204	204
JOHN DEERE 19020	154	149	204	165	145	153	144	204	20 4	158	204	204
JOHN DEERE 19021	204	147	151	149	158	159	204	154	20 4	204	162	204
JOHN DEERE 19022	140	132	204	147	204	159	147	204	20 4	151	204	204
MASSE Y FERGU SON 19023	124	146	147	149	159	204	204	204	20 4	158	204	161
VOLVO L120F	204	139	119	204	129	131	204	204	13 0	204	204	204

Fuente: empresa agrícola.

Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19019

En la tabla 23, se tiene los datos del tiempo de funcionamiento del Tractor JOHN DEERE 19019, así como también los valores de la mediana, el valor del $\ln(1/(1-\text{Median Rank}))$ denominado Y, y el valor del $\ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$ denominado X, así como también el producto de XY, y el valor

de X2, que son los datos que se requiere para el análisis probabilístico de Weibull.

TABLA 23. Datos para la determinación de confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19019

N°	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19019	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	142	0.056	1.06	-2.85	4.96	-14.10	24.56
2	130	0.137	1.16	-1.91	4.87	-9.32	23.69
3	136	0.218	1.28	-1.40	4.91	-6.90	24.13
4	128	0.298	1.43	-1.04	4.85	-5.03	23.54
5	134	0.379	1.61	-0.74	4.90	-3.63	23.99
6	170	0.460	1.85	-0.49	5.14	-2.49	26.38
7	167	0.540	2.18	-0.25	5.12	-1.29	26.19
8	204	0.621	2.64	-0.03	5.32	-0.16	28.28
9	169	0.702	3.35	0.19	5.13	0.98	26.32
10	204	0.782	4.59	0.42	5.32	2.24	28.28
11	204	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	204	0.944	17.71	1.06	5.32	5.62	28.28

						-	
	Suma			-6.36	61.14	30.4	311.9
						4	3

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el valor de la confiabilidad actual, que mide la probabilidad de ocurrencia del tiempo entre fallos, se realiza mediante la distribución de probabilidad de Weibull, para lo cual se determina por la ecuación:

$$P(r) = \frac{k}{c} \left(\frac{r}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{r}{c}\right)^k}$$

Lo mencionado por la ecuación de Weibull, se reajusta para obtener lo esperado y correspondiente por la aplicación de lo mencionado.

$$P_i(r \leq r_i) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{r}{c}\right)^k\right]}$$

Esto se logra utilizando lo mostrado por lo esperado de una manera recta, haciendo uso de las variables, donde se verifica de la siguiente manera:

$$Y_i = \ln[-\ln(1 - P_i)]$$

$$X_i = \ln(r)$$

$$a = -k \ln(c)$$

$$b = k$$

Los valores son expresados de distintas maneras, pero en este caso se ve, en donde: $Y = aX + b$

El procedimiento de los mínimos cuadrados, reside en ejecutar el acercamiento de la igualdad de la recta, y para hallar dicho valor, se sigue la consecutiva forma:

- La multiplicación de $x.y$, elevado al cuadrado, posteriormente se suman con los cuadrados también.
- Los valores son determinables:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X.Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum (X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Consecuentemente, se verifica así:

$$a = 5.43$$

$$b = -28.23 = k$$

Dicha ecuación:

$$Y = aX + b$$

De la expresión: $a = -k \ln(c)$ y $b=k$

Se tiene:

$$c = e^{\frac{-k}{a}}$$

$$c = e^{\frac{28.23}{5.43}} = 179.9$$

El componente de graduación c , muestra el número de horas promedio de la lista de memoria, y el elemento de representación k es un índice de derramamiento de las fichas y la asiduidad con la que se exterioriza l tiempo entre fallos.

TABLA 24. *Factor de forma*

Factor de forma	Factor de escala (Tiempo de funcionamiento)
5.43	179.9

Fuente: elaboración propia.

Utilizándose la ecuación de Weibull,

$$F(v) = 1 - \left(\frac{a}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{a-1}e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^a}$$

Reemplazando valores se tiene:

TABLA 25. *Tiempo*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas)	Confiabilidad %
Tractor JOHN DEERE 19019	
128	97.032
130	96.865
134	96.523
136	96.349
142	95.828
167	94.211
169	94.164
170	94.147
179.9	94.227
204	96.215

Fuente: elaboración propia.

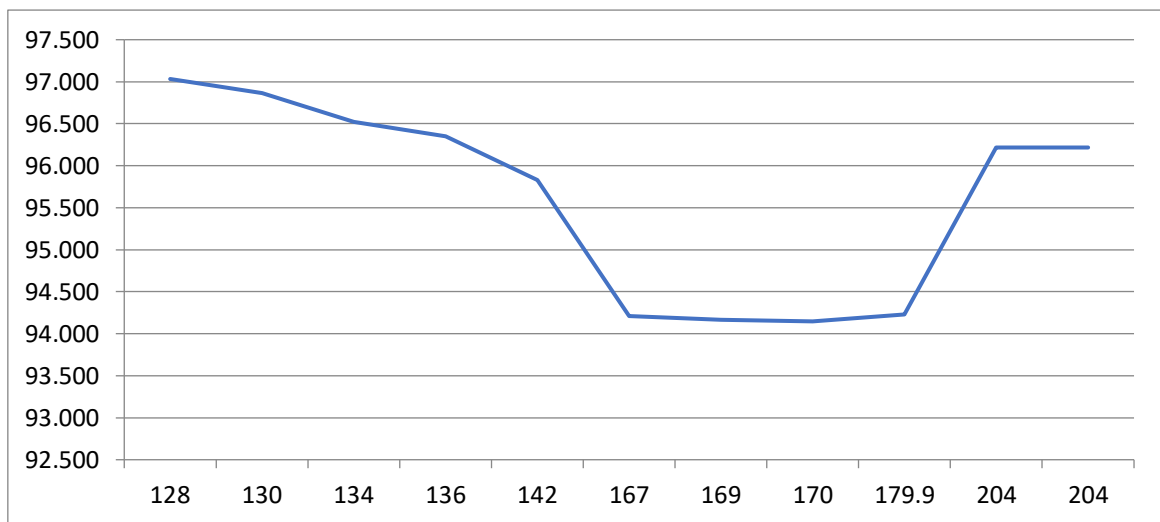


Figura 13. Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19020.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 26. Mediana

N	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19020	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	144	0.056	1.06	-2.85	4.97	-14.14	24.70
2	145	0.137	1.16	-1.91	4.98	-9.53	24.77
3	149	0.218	1.28	-1.40	5.00	-7.03	25.04
4	153	0.298	1.43	-1.04	5.03	-5.22	25.31
5	154	0.379	1.61	-0.74	5.04	-3.73	25.37
6	158	0.460	1.85	-0.49	5.06	-2.46	25.63
7	165	0.540	2.18	-0.25	5.11	-1.29	26.07
8	204	0.621	2.64	-0.03	5.32	-0.16	28.28
9	204	0.702	3.35	0.19	5.32	1.01	28.28
10	204	0.782	4.59	0.42	5.32	2.24	28.28
11	204	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	204	0.944	17.71	1.06	5.32	5.62	28.28
	Suma			-6.36	61.78	-31.03	318.30

Fuente: elaboración propia.

$$a = 6.4$$

$$b = -33.75 = k$$

$$c = e^{\frac{33.75}{6.4}} = 186.8$$

TABLA 27. Confiabilidad

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19020	Confiabilidad %
128	97.85
130	97.85
134	97.54
136	97.38
142	96.88
167	94.94
169	94.84
170	94.79
186.8	94.69
204	95.98

Fuente: elaboración propia.

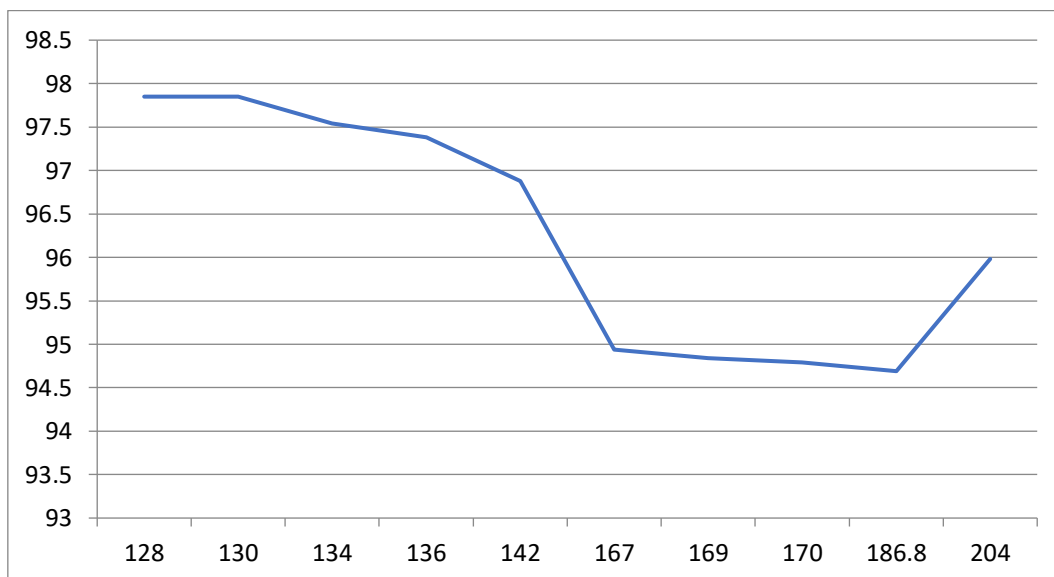


Figura 14. Líneas de tiempo.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 28. Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19021

N°	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19021	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-\text{Mediana})$	$Y = \ln(\ln(1/(1-\text{Mediana})))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	147	0.056	1.06	-2.85	4.99	-	24.90
2	149	0.137	1.16	-1.91	5.00	-9.58	25.04
3	151	0.218	1.28	-1.40	5.02	-7.05	25.17
4	154	0.298	1.43	-1.04	5.04	-5.23	25.37
5	158	0.379	1.61	-0.74	5.06	-3.75	25.63
6	159	0.460	1.85	-0.49	5.07	-2.46	25.69
7	162	0.540	2.18	-0.25	5.09	-1.28	25.88
8	204	0.621	2.64	-0.03	5.32	-0.16	28.28
9	204	0.702	3.35	0.19	5.32	1.01	28.28
10	204	0.782	4.59	0.42	5.32	2.24	28.28
11	204	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	204	0.944	17.71	1.06	5.32	5.62	28.28
	Suma			-6.36	61.86	-	319.11

Fuente: elaboración propia.

$$a = 6.67$$

$$b = -34.96 = k$$

$$c = e^{\frac{34.96}{6.67}} = 187.56$$

TABLA 29. *En horas*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19021	Confiabilidad %
147	96.06
149	95.83
151	95.60
154	95.25
158	94.79
159	94.67
162	94.34
187.56	93.14
204	94.84

Fuente: elaboración propia.

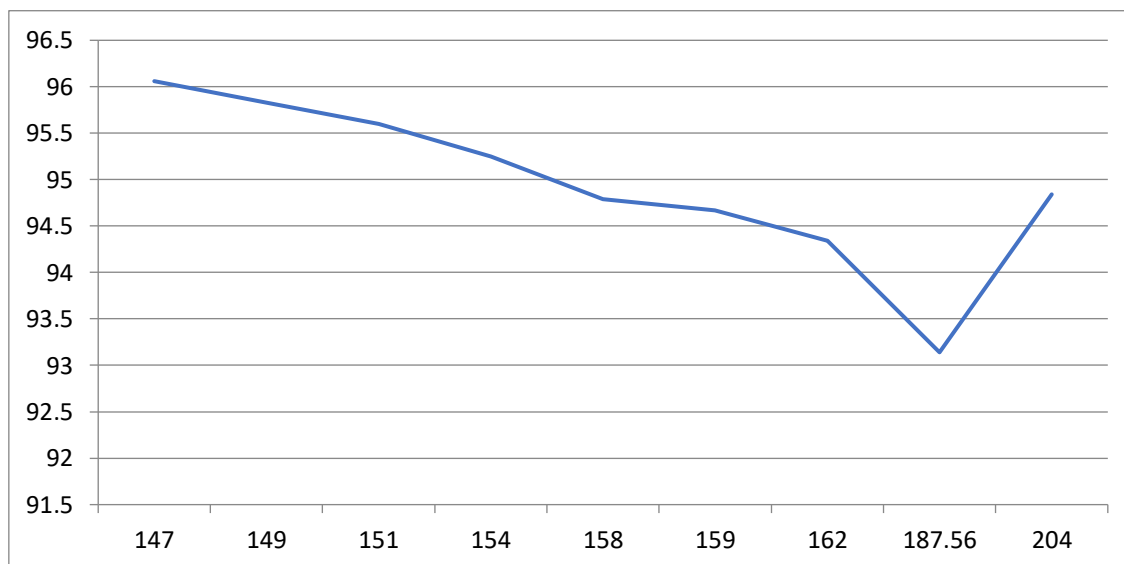


Figura 15. Confiabilidad de Tractor JOHN DEERE 19022.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 30. Funcionamiento en suma

N	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19022	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	132	0.056	1.06	-2.85	4.88	-13.89	23.84
2	140	0.137	1.16	-1.91	4.94	-9.46	24.42
3	147	0.218	1.28	-1.40	4.99	-7.01	24.90
4	147	0.298	1.43	-1.04	4.99	-5.18	24.90
5	151	0.379	1.61	-0.74	5.02	-3.72	25.17
6	159	0.460	1.85	-0.49	5.07	-2.46	25.69
7	204	0.540	2.18	-0.25	5.32	-1.34	28.28
8	204	0.621	2.64	-0.03	5.32	-0.16	28.28
9	204	0.702	3.35	0.19	5.32	1.01	28.28
10	204	0.782	4.59	0.42	5.32	2.24	28.28
11	204	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	204	0.944	17.71	1.06	5.32	5.62	28.28
	Suma			-6.36	61.80	-30.70	318.63

Fuente: elaboración propia.

$$a = 5.66$$

$$b = -29.6 = k$$

$$c = e^{\frac{29.6}{5.66}} = 189.34$$

TABLA 31. *Porcentaje del tracto*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor JOHN DEERE 19022	Confiabilidad %
132	97.44
140	96.81
147	96.21
147	96.21
151	95.87
159	95.22
189.34	94.25
204	95.18

Fuente: elaboración propia.

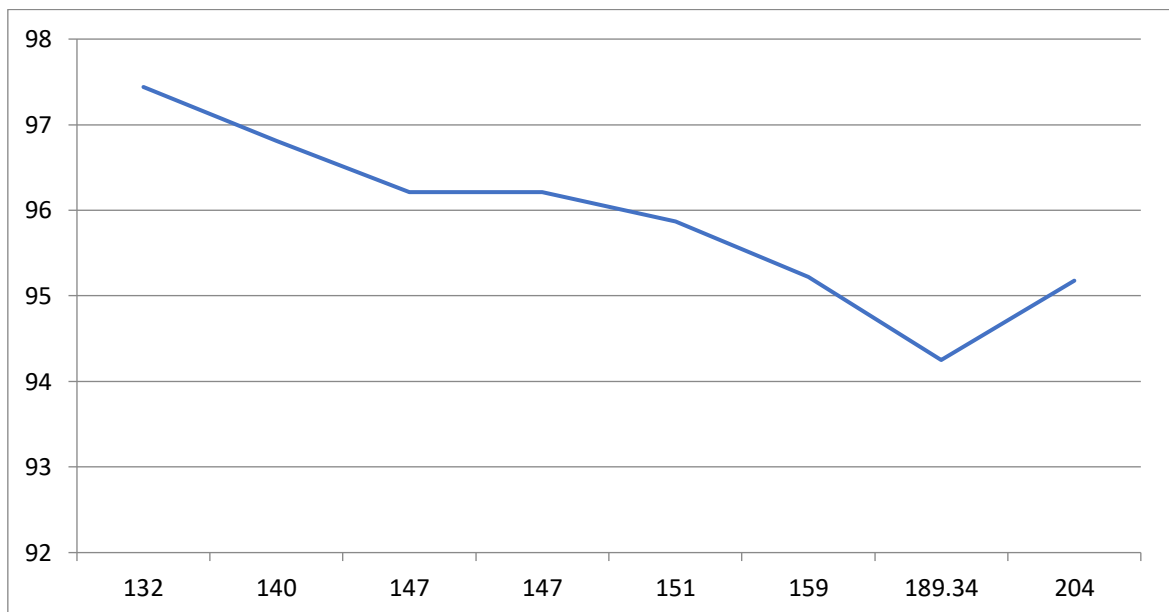


Figura 16. Tiempo de funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 32. Confiabilidad de Tractor MASSEY FERGUSON 19023

Nº	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor MASSEY FERGUSON 19023	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	124	0.056	1.06	-2.85	4.82	-13.72	23.24
2	146	0.137	1.16	-1.91	4.98	-9.54	24.84
3	147	0.218	1.28	-1.40	4.99	-7.01	24.90
4	149	0.298	1.43	-1.04	5.00	-5.19	25.04
5	158	0.379	1.61	-0.74	5.07	-3.76	25.69
6	159	0.460	1.85	-0.49	5.32	-2.58	28.28
7	161	0.540	2.18	-0.25	5.32	-1.34	28.28
8	191.3	0.621	2.64	-0.03	5.32	-0.16	28.28
9	204	0.702	3.35	0.19	5.32	1.01	28.28
10	204	0.782	4.59	0.42	5.06	2.13	25.63
11	124	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	161	0.944	17.71	1.06	5.08	5.37	25.82
	Suma			-6.36	61.60	-31.13	316.57

Fuente: elaboración propia.

$$a = 4.39$$

$$b = -23.11 = k$$

$$c = e^{\frac{29.6}{5.66}} = 191.3$$

TABLA 33. *Tractor en horas*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor MASSEY FERGUSON 19023	Confiabilidad %
124	97.61
146	96.44
147	96.39
149	96.29
158	95.90
159	95.86
161	95.79
191.3	95.56
204	96.01

Fuente: elaboración propia.

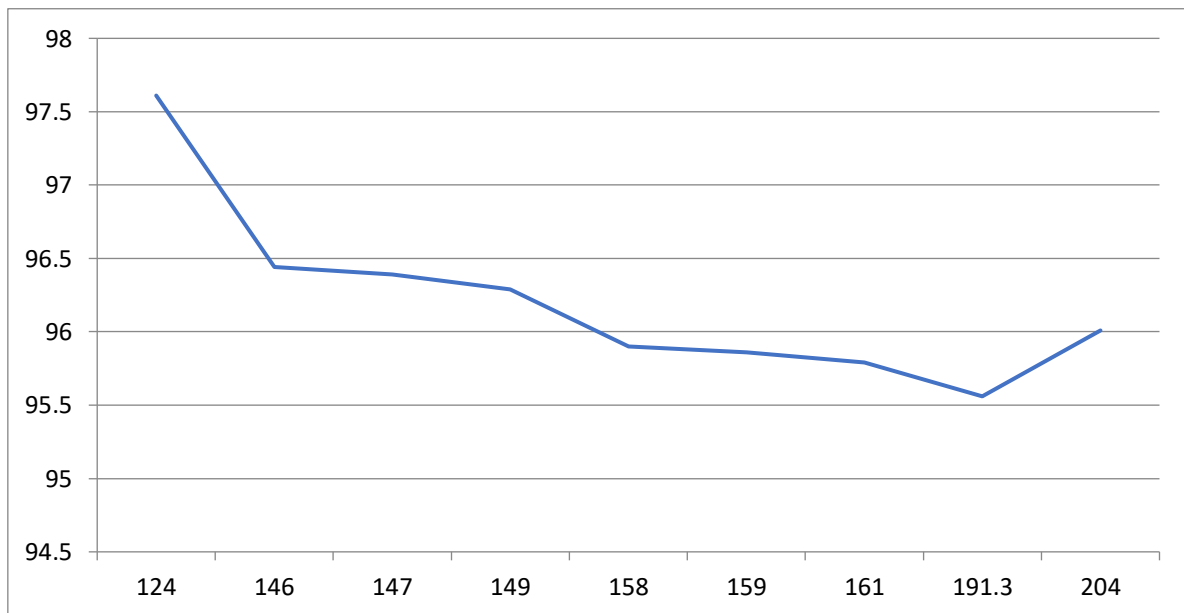


Figura 17. Funcionamiento del tractor.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 34. Confiabilidad de Tractor VOLVO L120F

N°	Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor VOLVO L120F	Mediana ((Mx-0.3)/(N+0.4))	$1/(1-\text{Mediana})$	$Y = \ln(\ln(1/(1-\text{Mediana})))$	$X = \ln(\text{Tiempo de funcionamiento})$	X.Y	X2
1	119	0.056	1.06	-2.85	4.78	-13.60	22.84
2	129	0.137	1.16	-1.91	4.86	-9.30	23.62
3	130	0.218	1.28	-1.40	4.87	-6.83	23.69
4	131	0.298	1.43	-1.04	4.88	-5.06	23.77
5	139	0.379	1.61	-0.74	4.93	-3.66	24.35
6	204	0.460	1.85	-0.49	5.32	-2.58	28.28
7	204	0.540	2.18	-0.25	5.32	-1.34	28.28
8	204	0.621	2.64	-0.03	5.32	0.16	28.28
9	204	0.702	3.35	0.19	5.32	1.01	28.28
10	204	0.782	4.59	0.42	5.32	2.24	28.28
11	204	0.863	7.29	0.69	5.32	3.65	28.28
12	204	0.944	17.71	1.06	5.32	5.62	28.28

						-	
						30.0	316.2
	Suma			-6.36	61.54	1	4

Fuente: elaboración propia.

$$a = 4.19$$

$$b = -22.03 = k$$

$$c = e^{\frac{22.03}{4.19}} = 191.49$$

TABLA 35. *En Volvo*

Tiempo de Funcionamiento (En Horas) Tractor VOLVO L120F	Confiabilidad %
119	97.80
129	97.30
130	97.25
131	97.20
139	96.81
191.49	95.77
204	96.18

Fuente: elaboración propia.

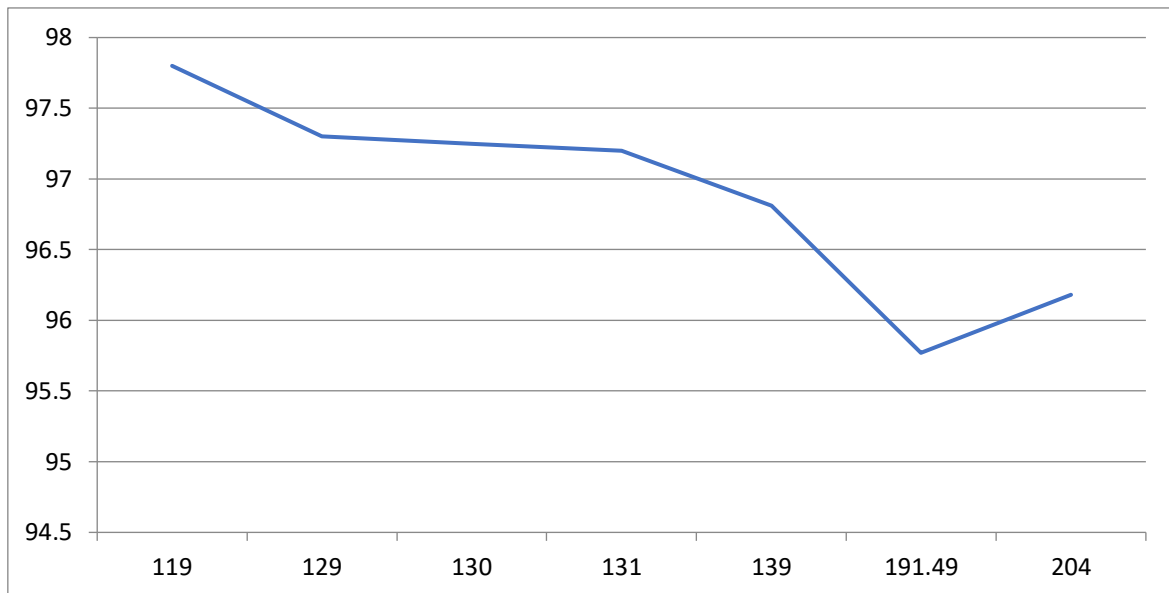


Figura 18. Funcionamiento del volvo.

Fuente: elaboración propia.

Determinaremos el efecto de las técnicas y/o parámetros aplicados de un mantenimiento preventivo basado RCM (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) del tractor en evaluación John Deere 7830 con código: 19019, se podrá lograr gracias a la participación de Gerencia administrativa, supervisores, personal técnico, operadores.

Verificaremos los parámetros de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad después de aplicar un plan de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, y podremos evidenciar el efecto después haber implementado la propuesta para posteriormente se pueda evaluar y aplicar al resto de la maquinaria.

Confiabilidad

Destacando el ser probable la misión de cada maquinaria, donde sus operaciones, se van a verificar de muchas maneras pero también teniendo en cuenta lo siguiente.

$$CONFIABILIDAD = \frac{TTO}{TTPP}$$

TTO= Tiempo total de operación

TTPP= Tiempo total programado

TABLA 36. *Confiabilidad de la maquinaria periodo noviembre 2018 a abril 2019*
John Deere 7830 - 19019

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO (H)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN TTO (H)	CONFIABILIDAD
JOHN DEERE 19019	2160	1992	92%
JOHN DEERE 19020	2160	2088	96%
JOHN DEERE 19021	2160	2100	97%
JOHN DEERE 19022	2160	2100	97%
MASSEY FERGUSON 19023	2160	2064	95%
VOLVO L120F	2160	2076	96%
TOTAL			95%

Fuente: elaboración propia.

TABLA 37. Confiabilidad de la maquinaria periodo mayo a octubre 2019 John Deere 7830 - 19019

TIPO DE MAQUINARIA	TIEMPO TOTAL PROGRAMADO (H)	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN TTO (H)	CONFIABILIDAD
JOHN DEERE 19019	2160	2144	99%
JOHN DEERE 19020	2160	2144	99%
JOHN DEERE 19021	2160	2136	98%
JOHN DEERE 19022	2160	2144	99%
MASSEY FERGUSON 19023	2160	2144	99%
VOLVO L120F	2160	2152	99%

Fuente: elaboración propia.

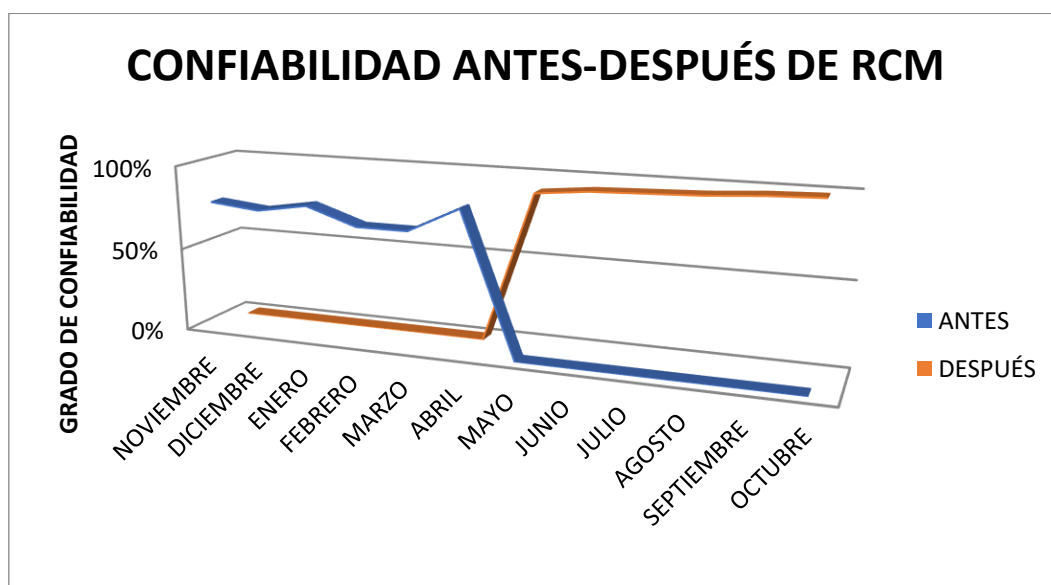


Figura 19. Confiabilidad del RCM.

Fuente: elaboración propia.

3.5. Realizar un análisis económico, utilizando indicadores tales como el valor actual neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio costo

3.5.1. Inversión inicial del proyecto

El cambio originario del plan, se encuentra en ventaja oportuna de los repuestos, servicios en el taller, y servicios de terceros, de los tractores agrícolas de la empresa del sector azucarero. El espacio de administración de la empresa licitará a la sociedad proveedora de los repuestos, la cual debe cumplir requisitos en cuanto a la calidad de los repuestos, la entrega oportuna, el cambio por posibles mala manufactura, así mismo deberá contar con el presupuesto para la compra de los repuestos, la requisición de los servicios, capacitación a los operadores de los tractores, capacitación en cuanto a mantenimiento autónomo de los tractores agrícolas.

Para cada equipo, se tiene el siguiente cuadro de costos para el mantenimiento preventivo, el cual incluye un stock mínimo para superar paradas intempestivas, además de la capacitación del personal.

TABLA 38. *Inversión inicial en Mantenimiento Preventivo*

N°	Descripción	Inversión para Mantenimiento Preventivo (Anual (S/.))			
		Repuestos	Servicios	Capacitación	Total (S/)
1	JOHN DEERE 19019	650	140	120	910
2	JOHN DEERE 19020	650	140	120	910
3	JOHN DEERE 19021	760	140	120	1020

4	JOHN DEERE 19022	610	140	120	870
5	MASSEY FERGUSON 19023	640	140	120	900
6	VOLVO L120F	670	140	120	930
	Total (S/.)				5540

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Ingresos que genera el Proyecto

La variación de la confiabilidad de los tractores, es decir de la probabilidad de falla, se incrementa en 4%, desde 95 a 99%, ello equivale a que se tiene menor probabilidad de fallo, con lo cual el tiempo de funcionamiento se incrementa en esa misma proporción,, con una operación diaria de 8 horas, durante 30 días al mes, se contabilizan 240 horas mensuales, es decir que el 4% de 240horas, equivale a $0.04 \times 240 = 9.6$ horas mensuales, por los seis tractores, serían $6 \times 9.6 = 57.6$ horas mensuales de incremento.

Si se valoriza el costo de alquiler de cada tractor, en 25 soles la hora, se tiene un ingreso mensual de $15 \times 57.6 = 864$ Soles mensuales.

3.5.3. Flujo de caja del Proyecto

De la presente propuesta, se realiza en un lapso determinado en 12 meses.

TABLA 39. Flujo de caja de proyecto

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	5540												
Ingresos (S/)		864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864
Utilidad (S/)	-5540	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864

Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Análisis con indicadores económicos

Valor Actual Neto

La parte de ingreso y egreso, se mantiene en cero, punto de inicio de la investigación, indicando que el interés es de 2.5% mensualmente, teniendo como inicial para el desarrollo de un crédito evaluado, manteniendo diferencias institucionales bancarias de nuestra ciudad.

Beneficio restablecido al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)^n - 1]}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

In: Ingresos mensuales: S/. 864

Ia: Ingreso actualizado al mes 0

i: Tasa de Interés: 2.5% Mensual.

n: Número de Meses: 12

TABLA 40. *Cálculo de los Ingresos actualizados al mes cero*

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	5540												
Ingresos (S/)		864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864
Utilidad (S/)	5540	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864

Fuente: elaboración propia.

S/. 8,862.71

VNA (0.025, D11:O11)

Reemplazando valores obtenemos: $VNA = S/. 8862.71 - 5540 = S/. 3322.71$ Soles.

Tasa Interna de Retorno

Para automatizar la tasa interna de retorno, se comprueba realizando aquel ingreso de cada día manteniendo una tasa igual al inicio de la indagación.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/.5540

Ia: ingresos actualizados al mes 0

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses 12

TABLA 41. *Cálculo de la Tasa Interna de Retorno*

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Egresos (S/)	5540												
Ingresos (S/)		864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864
Utilidad (S/)	-5540	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864	864

Fuente: elaboración propia.

11.26%

TIR (C11:O11)

Realizando una ardua actividad con una aproximación con el uso de Microsoft Excel, se pudo calcular lo que se estima, siendo este igual a 11.26% mensual, que personifica un importe gigante al interés bancario presente que ondea al 2.5 % mensual.

La relación beneficio – costo de la propuesta es: $8862.71 / 5540 = 1,59$

IV. DISCUSIÓN

- El funcionamiento de los tractores agrícolas, determinan el avance de las operaciones de campo, debido a que estas máquinas realizan el trabajo en el terreno de cultivo, y se ha analizado que, en diferentes empresas azucareras, una de las razones por lo cual la programación de cosecha no se hace en el tiempo estipulado es por las paradas de los tractores agrícolas.
- Uno de los factores que determina que el tractor no funcione por la falta de repuestos, es decir que el repuesto de los sistemas mecánicos, eléctricos e hidráulicos, no se tiene en el momento oportuno, mucha vez opera con el repuesto con valores de funcionamiento muy por debajo a lo normal, lo cual conlleva a tener deficiencias en la operación del tractor.
- El valor de confiabilidad de los equipos superior al 95%, garantiza que la probabilidad de fallo, sea cada vez menos, con el mantenimiento autónomo se previene fallos, además que los fallos por averías logran ser superadas por el mismo personal, hasta la llegada del personal especialista en manejo, reparación y mantenimiento de tractores agrícolas de alta calidad.
- El análisis de Weibull, para determinar la confiabilidad de los equipos, es la que numéricamente más se aproxima a la realidad, porque mide la probabilidad de falla de los sistemas, dentro de un contexto de información referente a los tiempos de funcionamiento del equipo dentro de un determinado periodo.

V. CONCLUSIONES

- Se hizo la evaluación del estado actual de los tractores agrícolas, El diagnóstico de mantenimiento preventivo en la actualidad se realizó bajo ciertas variables, se pudo encontrar una organización básica de funciones mínimas para los colaboradores. La responsabilidad se centra a nivel de supervisión, no se tiene establecido una organización definida de mantenimiento, no existe metas ni objetivos contemplados. Solo consideran un mantenimiento preventivo como el cambio de aceites y filtros, se centran mayormente en la aplicación del mantenimiento correctivo, no existe una estadística del tiempo de parada y reparación de la maquinaria, no cuentan con estudios que aseguren la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.
- Se determinó que, para poder erradicar las fallas, se proyecta que en el periodo de noviembre a febrero 2018-2019, el tractor John Deere 7830-19019 lleva presentando un total de 11 fallas, esto es antes de aplicar un RCM siendo algunas de las fallas perdida potencia de motor, sistema de arranque, bomba hidráulica y mangueras, etc. y con la aplicación de RCM en abril 2019 a la actualidad se evidencia una mejora en cuanto a parada por fallas.
- Se hizo el diseño del plan de mantenimiento para cada uno de los conectores de los tractores agrícolas, con frecuencia semanal, mensual y semestral, a fin de garantizar su operatividad y continuidad del proceso productivo de las cañas de azúcar.
- Se realizó el análisis económico, obteniendo un valor actual neto de 3322.71 Soles, una tasa interna de retorno de 11.26%, relación beneficio costo de 1.59, itinerarios que hacen realizable el cumplimiento de la investigación.

VI. RECOMENDACIONES

- El análisis del funcionamiento de los sistemas de los tractores agrícolas, debe incluir el gasto de energía, en puesto a tiempo de funcionamiento; los tiempos de funcionamiento de cada equipo para un proceso específico debe de determinarse en función a los caudales que circulan por dicho dispositivo.
- La automatización del proceso productivo optimiza los tiempos, por lo cual se recomienda la automatización del funcionamiento de los equipos, a fin de optimizar el flujo de materia.
- Se recomienda realizar un seguimiento de las variables de funcionamiento de cada equipo, a fin de analizar la tendencia de cada una de las variables dentro de un determinado periodo.

REFERENCIAS

- Bravo, L. *Guía teórico practica-Fundamentos de mantenimiento*, 2015. Recuperado de <https://es.slideshare.net/oliver4ever/libro-rcm-de-bravo,l>
- Cárdenas, A. *“Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM, para mejorar disponibilidad de los equipos y vehículos de DINACOL S.A.”*. Universidad tecnológica de Bolívar-Cartagena, 2011.
- Casachagua, C. *“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la excavadora cat 336 de la empresa ECOSEM SMELTER S.A”*. Universidad nacional del Centro del Perú, 2017.
- Difusa, S. O. *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*, México, Limusa Wiley, 2005. Recuperado de <https://www.casadellibro.com/...sistemas-de-mantenimiento-planeacion-y-control/.../7>
- Duran, J. B. *Nuevas tendencias ingeniería de mantenimiento*, 1998. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/iel5/9907/31500/01468615.pdf>
- García, G. S. *Ingeniería del mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. 209-2012. Sistemas hidráulicos de potencia*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/104630760/Sistema-hidraulico-en-los-tractores-medina>
- Hernández, R. *“Propuesta de mantenimiento preventivo basado en el RCM para aumentar la disponibilidad de la flota A320 de mexicana de aviación”*. Instituto politécnico nacional de México, 2010.
- Mejía, C. R. *“Gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad y disponibilidad de la empresa ERSA TRANSPORTES Y SERVICION S.R.L”*. Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, 2017.
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Inzon, M. *La confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad*, 2006. Recuperado de <file:///C:/Users/ADMINISTRADORA/Downloads/Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901.pdf>
- Montes, J. *“Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de integra s.a. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad”*. Universidad tecnológica del Perú, 2013.

- Moubray, J. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/oliver4ever/libro-rcm-de-j-moubray>
- Parra, M. C. & Crespo, M. *Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de gestión del mantenimiento y la confiabilidad*, 2013. Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/>
- Rodríguez, A. J. *Gestión del mantenimiento, introducción a la teoría del mantenimiento*, 2008. Recuperado de <https://www.buenastareas.com/.../gestion-de-mantenimiento-jorge-rodriguez-araujo/0>
- Soto, B. J. *“Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GyM S.A.”*. Universidad nacional del centro del Perú, 2016. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3654/Soto%20Baltazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tasilla, F. S. *Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada de la empresa TECNOLDHER2*. Universidad Cesar Vallejo de Cajamarca, 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento

F1.

Universidad Cesar Vallejo

Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Gestión de mantenimiento basado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria agrícola de la empresa industrial Pucalá S.A.C 2018.

- Cuestionario, dirigido a los operarios, mecánicos, mecánicos eléctricos, para recopilar información correspondiente al tema de mantenimiento basado en confiabilidad de la empresa Industrial Pucalá S.A.C
- Instrucciones: se presentan una serie de interrogantes por lo cual se recomienda leer determinadamente las preguntas y brindar las respuestas con total veracidad.

I. Datos del personal.

Nombres y Apellidos: _____

Cargo: _____

Grado académico: _____

II. Datos de mantenimiento de la maquinaria agrícola.

1. ¿Qué plan de mantenimiento se aplica en la actualidad a la maquinaria?
¿Por qué?

2. ¿Qué acciones de mantenimiento se aplica actualmente a la maquinaria?

- a) Lubricación
- b) Cambio de filtros (aceite, petróleo, hidráulico)
- c) Cambio de rodamientos y componentes
- d) Cambio de fajas

3. ¿existe un taller de maestranza para el mantenimiento y reparación de la maquinaria?

- a) Si
- b) no

4. ¿se cuenta con un stock de repuestos para el mantenimiento y reparación de la maquinaria? ¿Por qué?

5. ¿actualmente el mantenimiento a la maquinaria es efectuado por?

a) Técnicos mecánicos de la empresa

b) Operadores

c) Talleres externos

d) Otros _____

6. Mencionar que tipo de falla más frecuentes de la maquinaria.

F2.

Universidad Cesar vallejo

Ingeniería mecánica eléctrica

Tesis: “Gestión de mantenimiento basado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria agrícola de la empresa industrial Pucalá S.A.C 2018.

- Ficha de registro para recolección de información del tipo de fallas y tiempos de mantenimiento.

Maquinaria:			Horas de operación:	
Ítem	Descripción de las fallas	Sistema dañado	Tiempo para reparación	Número de intervenciones

F3. Universidad Cesar Vallejo
Ingeniería mecánica eléctrica

Tesis: "Gestión de mantenimiento basado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria agrícola de la empresa industrial Pucalá S.A.C 2018.

- Ficha de observación dirigida a los operarios de la maquinaria agrícola de acuerdo a las acciones de mantenimiento.

Ítem	Observación	Evaluación	
		si	no
1	Los operadores de la maquinaria agrícola realizan el mantenimiento de sus máquinas de acuerdo a lo establecido por el fabricante.		
2	Existe un taller propio donde se realice el mantenimiento de la maquinaria.		
3	Existen los equipos, herramientas, instrumentos y repuestos necesarios para realizar el plan de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo.		
4	Los cambios de los aceites ya sean hidráulicos o de motor se realizan al igual que sus filtros en los intervalos de tiempo recomendados por el fabricante.		
5	La empresa cuenta con acciones de mejora en cuanto a los planes de mantenimiento para su maquinaria agrícola.		
6	Los operadores cuentan con capacitaciones constantes de mantenimiento de la maquinaria agrícola por parte de la empresa.		
7	Los operadores cuentan con experiencia en solucionar problemas mecánicos leves de la maquinaria agrícola.		

8	Influye el número de fallas con respecto a la vida útil de la maquinaria agrícola.		
9	Los operadores realizan un informe del estado de la maquinaria a sus relevos.		
10	Los operadores y técnicos mecánicos cuentan con acceso a la información técnica de la maquinaria para realizar sus labores (manuales, fichas técnicas, entre otros)		